



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

JOÃO PEDRO DE ARAÚJO ROCHA

GESTÃO DE RESÍDUOS DOMÉSTICOS E AGROSSILVOPASTORIS: *CAMPUS* RURAL -
UFS

São Cristóvão, SE

2016

JOÃO PEDRO DE ARAÚJO ROCHA

GESTÃO DE RESÍDUOS DOMÉSTICOS E AGROSSILVOPASTORIS: *CAMPUS* RURAL -
UFS

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Departamento de Engenharia Ambiental, da Universidade Federal de Sergipe, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária.

Orientador: Prof. Dr. José Jailton Marques

São Cristóvão, SE

2016

JOÃO PEDRO DE ARAÚJO ROCHA

GESTÃO DE RESÍDUOS DOMÉSTICOS E AGROSSILVOPASTORIS: *CAMPUS* RURAL -
UFS

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) aprovado pelo Departamento de Engenharia Ambiental (DEAM) da Universidade Federal de Sergipe (UFS), em 23 de Novembro de 2016, como pré-requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. José Jailton Marques – Orientador
Universidade Federal de Sergipe – DEAM/CCET/UFS

Prof. Dr. Bruno Santos Souza
Universidade Federal de Sergipe – DEAM/CCET/UFS

Profª Dr.ª Inaura Carolina Carneiro da Rocha
Universidade Federal de Sergipe DEAM/CCET/UFS

RESUMO

A gestão de resíduos sólidos é uma ferramenta que possibilita a organização de todo o processo de produção, coleta, transporte e destinação final ambientalmente correta dos resíduos sólidos de origens diversas, em todas as partes do Planeta. A justificativa de se aplicar esse instrumento no gerenciamento dos resíduos agrossilvopastoris advém da sua relevância no cenário atual, à luz da Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS (Lei nº 12.305/2010), além do fato desses resíduos serem mais propensos a poluir e contaminar os recursos hídricos, sobretudo devido ao uso de agrotóxicos e fertilizantes, bem como dos resíduos gerados na produção em larga escala nos confinamentos de animais (ou CAFO, do Inglês *concentrated animal feed operations*). A procura de uma solução para os problemas socioambientais gerados pelo acúmulo, destino e falta de tratamento adequado dos resíduos sólidos tem despertado discussões, mobilizações e intensa busca de alternativas que visem o equilíbrio sustentável do meio ambiente e através desse incentivo que esse trabalho tem como objetivo propor medidas mitigadores e corretivas para a gestão desses resíduos em um dos *Campi* da Universidade Federal de Sergipe como forma de aplicar a PNRS e a criação de um Plano de Gestão Ambiental para o *Campus* Rural. Como parte fundamental da criação desse plano foram utilizadas técnicas de Análise gravimétrica dos resíduos e cálculo da Geração Per capita da população local a fim de tomar ciência do quão grave era a situação e quais vertentes seriam tomadas para resolução dessa problemática.

Palavras chave: Resíduos Agrossilvopastoris, Gestão Ambiental, Análise Gravimétrica

ABSTRACT

The solid waste management is a tool that enables the organization of the entire production process, collection, environmentally friendly transport and disposal of solid waste of different origins, in every single part of the world. The justification of applying this tool in the management of agriculture waste comes from its relevance in the current scenario, according to the Solid Waste Nacional Policy (Law no. 12.305/2010), in addition to the fact these wastes are more likely to pollute and contaminate the water resources, mainly due to the use of pesticides and fertilizers or due to large-scale production in confinements (or CAFO, “concentrated animal feed operations”). The search for a solution to the socio-environmental problems due to accumulation, destination and lack of appropriate treatment of solid waste has aroused discussions, mobilizations and intense search for alternatives aimed at sustainable environmental balance and through this incentive that this work aims to propose mitigation measures and corrective actions for the waste management in one of the campus of the Federal University of Sergipe, applying the PNRS and creating an Environmental Management Plan. As an essential part of the creation of this plan were used gravimetric analysis techniques of waste and calculation of the generation per capita of the population in order to become aware of how serious the situation was and what actions would be taken to solve this problem.

Keywords: Agroforestry Waste, Environmental Management, Gravimetric Analysis

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ciclo básico de geração de lixo no meio ambiente.....	12
Figura 2: Demonstração da tríplice lavagem para embalagens de agrotóxicos.	22
Figura 3: (a) Embalagens de fertilizantes com capacidade de 50 kg e (b) big bags com maior capacidade de até 1,5 t.	23
Figura 4: Distribuição da Quantidade Total de RSU Coletado (%).	27
Figura 5: Índice de Abrangência da Coleta de RSU (%).	28
Figura 6: Lançamento de efluentes proveniente da criação de aves.	32
Figura 7: Simbologia para rótulos de material reciclável.	34
Figura 8: Selos emitidos por organizações internacionais que regulamentam biodegradação e compostagem. (a) Selo BPI-Biodegradable Product Institute, (b) Selo BPS - Biodegradable Plastics Society, (c) European Bioplastic.	36
Figura 9: Etapas de construção, manutenção e finalização de um aterro sanitário.	38
Figura 10: Composição percentual básica adequada para uma leira de compostagem.	40
Figura 11: Formação de Leiras (a) e Pilhas (b) de compostagem.	40
Figura 12: Condições ambientais ótimas para leira de compostagem.	42
Figura 13: Estocagem de briquetes.	44
Figura 14: Linha de produção das briquetes.	45
Figura 15: Imagem aérea da localização do Campus Rural –UFS.....	49
Figura 16: Materiais utilizados no processo de triagem e pesagem dos resíduos.	50
Figura 17: Triagem do material durante o processo de análise gravimétrica.....	51
Figura 18: Parâmetros utilizadas no software para o cálculo da geração de CO ₂ e CH ₄	53
Figura 19: Lixo depositado em terrenos próximo as casas da comunidade vizinho ao <i>Campus Rural</i>	54
Figura 20: Local utilizado pelos moradores vizinhos ao Campus Rural para acumular resíduos e queimá-los.	55
Figura 21: Resíduos acumulados às margens da barragem do Rio Poxim.....	55
Figura 22: Lixo submerso que reaparece quando a barragem está esvaziando.....	56

Figura 23: Área destinada à disposição final dos resíduos sólidos do Campus Rural UFS entre 1999 e 2012	57
Figura 24: Embalagens de Agrotóxicos acumuladas no Campus Rural – UFS sem destinação final adequada.	57
Figura 25: Remanescente de agrotóxicos e óleo lubrificante acumulados no Campus Rural – UFS sem destinação final adequada.	58
Figura 26: Resíduos provenientes do uso diário no Campus Rural e acumulados sem nenhuma proteção contra intempéries.....	58
Figura 27: Tubulações, mangueiras e mangotes para irrigação avariadas ou com vida útil ultrapassada, armazenadas sob a influência de intempéries.	59
Figura 28: Local atual no qual são destinados os resíduos sólidos do Campus Rural – UFS, (a) vista frontal de leste-oeste; (b) vista frontal oeste-leste.	59
Figura 29: RS disposto por moradores no acostamento da estrada que é itinerário para chegar ao Campus Rural, à barragem e à comunidade Timbozinho.....	61
Figura 30: Potencial de geração de Dióxido de Carbono (CO ₂) e Metano (CH ₄) na massa de resíduos acumulado no Campus Rural. (a) Local de aterramento de resíduos de 1999-2012; (b) Local de destinação atual dos resíduos de 2012-2016; (c) Estimativa de 50 anos no local de disposição atual dos resíduos.....	66
Figura 31: Diagrama de atividades.....	69
Figura 32: Modelo de lixeiras a serem instaladas no Campus Rural – UFS.....	70
Figura 33: Modelo de container a ser instalada no Campus Rural – UFS.	71
Figura 34: Locais propostos a ser construído o galpão de armazenamento de resíduos e utensílios agrícolas. (a) Lado Direito do galpão de fertilizantes; (b) Lado Esquerdo do galpão de fertilizantes.	72
Figura 35: Planta 3D do Galpão de apoio	73
Figura 36: Planta 3D do Pátio de Compostagem	73

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Embalagens vazias de agrotóxicos destinadas corretamente entre os anos 2002-2010 (Em Toneladas).	20
Tabela 2: Destinação final acumulada das embalagens vazias de agrotóxicos por estado no ano 2010 (valores expressos em kg).....	20
Tabela 3: Área dos estabelecimentos rurais, segundo o estrato de área – Brasil (1985, 1995 e 2006) (Em ha).	23
Tabela 4: Estimativa do consumo de embalagens para o setor de fertilizantes.	24
Tabela 5: Destino das embalagens de fertilizantes utilizadas nas propriedades hortifrutícolas...	24
Tabela 6: Distribuição de moradores em domicílios particulares permanentes por tipo de destino do lixo e situação do domicílio (2009) (valores expressos em %).	26
Tabela 7: Composição gravimétrica do RSD no Brasil	28
Tabela 8: Efetivo de rebanhos no Brasil (2015).....	29
Tabela 9: Vacinas aplicadas anualmente no rebanho bovino brasileiro.....	30
Tabela 10: Consumo de embalagens de vacinas no país.	31
Tabela 11: Composição gravimétrica dos resíduos sólidos do Campus Rural e comparativo com o Brasil.....	63
Tabela 12: Geração per capita da população do Campus Rural.....	65

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
2	OBJETIVO	15
	2.1 OBJETIVO GERAL	15
	2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	15
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
	3.1 LEGISLAÇÃO	16
	3.1.1 <i>Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS</i>	16
	3.2 RESÍDUOS AGROSSILVOPASTORIS.....	19
	3.2.1 <i>Embalagens de Agrotóxicos</i>	19
	3.2.2 <i>Embalagens de Fertilizantes</i>	22
	3.2.3 <i>Resíduos Sólidos Domésticos</i>	25
	3.2.4 <i>Produtos Veterinários</i>	29
	3.2.5 <i>CAFO - Concentrated Animal Feeding Operation (Operação de Alimentação para Animais Confinados)</i>	31
	3.3 TÉCNICAS ADOTADAS NO GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS AGROSSILVOPASTORIS.....	33
	3.3.1 <i>Embalagens de Fertilizantes</i>	33
	3.3.2 <i>Resíduos Sólidos Domiciliares Rurais</i>	36
	3.4 ASPECTOS INOVADORES DA PNRS.....	42
	3.4.1 <i>Créditos de Logística Reversa</i>	42
	3.4.2 <i>Produção de Briquetes</i>	43
4	DIAGNÓSTICO	48
	4.1 ÁREA DE ESTUDO.....	48
	4.1.1 <i>Localização</i>	48

4.1.2	<i>Descrição da Área</i>	48
4.2	METODOLOGIA	49
4.2.1	<i>Composição Gravimétrica dos Resíduos Sólidos</i>	50
4.2.2	<i>Geração per capita</i>	52
4.2.3	<i>Potencial de Geração de Dióxido de Carbono (CO₂) e Gás Metano (CH₄)</i>	52
4.3	MEMORIAL DESCRITIVO E FOTOGRÁFICO.....	54
4.4	INVENTÁRIO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS	60
4.4.1	<i>Resultados</i>	61
5	PROPOSTA DO PLANO DE GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS	68
6	CONCLUSÃO	74
	APÊNDICE A	80
	APÊNDICE B.....	82

1 INTRODUÇÃO

A humanidade, desde os primórdios em sua evolução histórica, modificava o habitat em que estava inserido, por conta da construção de abrigos, busca por alimentação, proteção contra animais, e assim explorando gradativamente os recursos naturais. Porém, a resiliência ecológica existente era capaz de reorganizá-lo, pois a velocidade de recuperação ambiental era maior do que o homem em transformá-la. Essas modificações produziam resíduos sólidos e, com o passar do tempo, foi aumentando devido ao crescimento populacional e aos seus hábitos, ultrapassando a velocidade de recuperação ambiental e acarretando em degradação ambiental (PEREIRA NETO, 2007b).

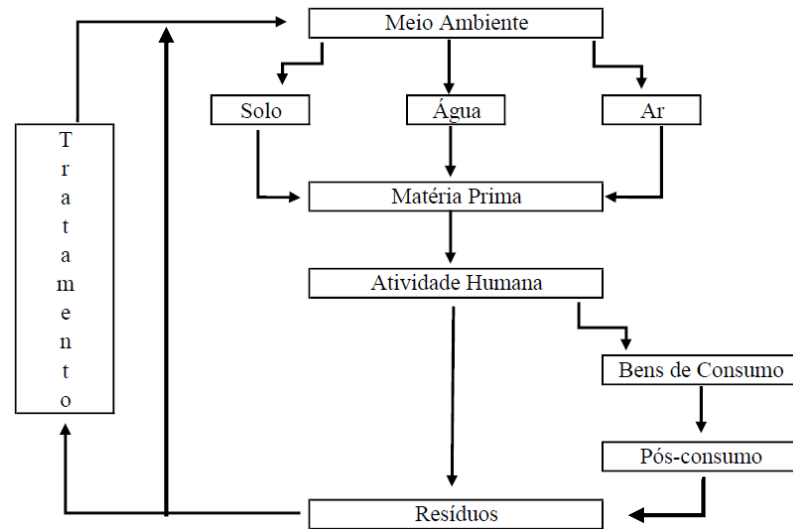
Atualmente, a produção de resíduos sólidos encontra-se em um estado descontrolado, no qual, os produtos e bens de consumo são utilizados cada vez mais e com uma baixa vida útil, consolidando a descomunal capacidade humana de explorar, modificar e suprimir os recursos naturais renováveis ou não renováveis existentes no planeta através de tecnologias que são aprimoradas a cada ano desde a revolução industrial no Século XVIII até os dias atuais. Exemplificando essas modificações ambientais e consumo de matéria-prima para produção de bens de consumo, a Figura 1 mostra o processo pelo qual os recursos ambientais passam desde a sua origem até a geração de lixo (PEREIRA NETO, 2007a).

Por conta de todos esses fatores identificados e presentes em todos os países desenvolvidos ou não, o infortúnio dos resíduos sólidos vem sendo gerenciado por governos com elevado grau de seriedade, mas com muitos pontos falhos. Tecnologias para tratamento e disposição desses resíduos são melhoradas constantemente e deveriam ser utilizadas como base para órgãos ambientais que elaboram normativas, e por agências nacionais que criam regulamentações para intensificar e melhorar a gestão dos resíduos sólidos, quer seja por pessoas físicas e/ou jurídicas em todas as áreas possíveis de abrangência.

No Brasil, a Política Nacional dos Resíduos Sólidos – PNRS, Lei 12.305/2010 tem como um dos seus objetivos exigir dos municípios a construção, operação e manutenção de aterros sanitários, mas, após ser instituída, a situação da gestão dos resíduos no país não sofreu grandes mudanças: a realidade na maioria das cidades brasileiras produtoras de resíduos são lixões a céu aberto, em locais longínquos e de difícil acesso da fiscalização. Com recursos escassos e sem a

devida consciência e vontade dos gestores públicos em criar e aprimorar o gerenciamento dos RS produzidos por seus municípios, a Lei 12.305 de 2010, assim como outras, vai se tornando uma utopia infinita (BRASIL, 2010).

Figura 1: Ciclo básico de geração de lixo no meio ambiente.



Fonte: Adaptado de PEREIRA NETO, 2007a.

Para se ter uma noção do panorama atual dos lixões, aterros controlados e aterros sanitários, o Brasil possui 5.570 municípios, sendo que 1710 cidades possuem aterros sanitários, 1290 possuem aterros controlados e o restante possui lixões, o que totaliza 2564 acúmulos de lixo de maneira poluidora e degradante, provando o total descaso por parte dos administradores municipais e estaduais, assim como em muitas outras localidades por todo Brasil (IBGE, 2011).

Esse cenário retrata o momento da implantação da PNRS, entretanto, o que está exposto no mapa não sofreu grandes alterações após 6 anos de a lei ser instituída, tornando assim um caso alarmante para todos. A destinação final dos resíduos é determinada de acordo com a sua classe, segundo a ABNT NBR 10.004:2004, que tem como objetivo a classificação dos resíduos sólidos através da avaliação dos seus potenciais riscos à saúde pública e ao meio ambiente, para que seja realizado um gerenciamento adequado. Sendo assim, os resíduos sólidos são divididos em:

- a) Resíduos classe I - Perigosos;
- b) Resíduos classe II - Não perigosos;

- Resíduos classe II A - Não inertes.
- Resíduos classe II B - Inertes. (ABNT, 2004)

Os resíduos que se enquadram na classe I – Perigosos possui uma subclassificação, por conta da suas características e periculosidade, sendo elas:

- Inflamabilidade;
- Corrosividade;
- Reatividade;
- Toxidade;
- Patogenicidade.

Cada subclasse possui condições de caracterização para ser enquadrados, entretanto um resíduo pode ser encontrado em mais de uma classe como pode ser notado nas Tabelas em anexo da normativa (ABNT, 2004).

Essa distribuição dos resíduos em classes, segundo suas características, é de suma importância para o gerenciamento da destinação final ambientalmente correta de cada resíduo, destinação essa que possui diversas possibilidades: aterro sanitário, compostagem, incineração, reciclagem, co-processamento, entre outros. O mais utilizado no país é o aterro sanitário, mas os centros de triagem para reciclagem e compostagem vêm crescendo no país, sendo de grande importância, pois a reciclagem de resíduos minimiza os resíduos nos aterros, fazendo com que aumente a vida útil dos mesmos, além da economia de energia e dos recursos naturais por diminuir a extração da matéria prima.

Dentre todas as classes e características dos resíduos produzidos pelo homem no mundo, uma grande gama de resíduos está escanteada: os resíduos agrossilvopastoris, agrotóxicos, embalagens de fertilizantes, medicamentos veterinários, consumidos em larga escala pelas fazendas que detêm a incumbência de abastecer o mercado com alimentos no mundo. Granjas de suínos ou aves, bovinos confinados, entre outras formas enquadradas como criação em cativeiro ou CAFO (do Inglês *Concentrated Animal Feeding Operation* - Operação de Alimentação de Animais Confinados), verdadeiras indústrias de produção alimentar animal, no qual enormes quantidades de animais são aprisionados para que produzam, ovos, carnes, leite, por exemplo, e deixando no ambiente lagos e pilhas de resíduos (sangue, urina, fezes etc.) armazenados ao ar livre,

muitas vezes sem a devida preocupação dos empresários em executar um tratamento ou disposição adequada para esses resíduos (IMHOFF, 2010).

No Brasil, o programa de logística reversa das embalagens de agrotóxicos é um diferencial grande em relação a outros países que utilizam essa tecnologia nos seus campos produtores de alimentos, sendo o país que maior consome esse produto no mundo, à frente de Estados Unidos, China, Japão e França, também possui o maior recolhimento das embalagens após o uso nas lavouras. Mesmo sendo o maior reciclador de embalagens, muitas ainda são deixadas no solo e rios por ignorância e falta de responsabilidade dos consumidores, degradando o solo ao utilizar agrotóxico e deixando as embalagens lançadas em qualquer localidade sem nenhuma prudência.

2 OBJETIVO

2.1 OBJETIVO GERAL

Fazer um levantamento qualitativo e quantitativo dos resíduos sólidos agrossilvopastoris produzidos no *Campus* Rural da Universidade Federal de Sergipe, com a finalidade de propor medidas mitigadoras e corretivas na gestão dos resíduos sólidos.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

Deste modo, se busca traçar prioridades e metas no gerenciamento de resíduos para auxiliar estudos acerca de possíveis planos de gestão ambiental.

Caracterização dos resíduos gerados no *Campus* Rural - UFS, verificando a possibilidade de se implantar um programa de coleta seletiva dos resíduos, e identificar seu nível de periculosidade para a saúde humana e para o meio ambiente.

Propor uma destinação correta para os resíduos sólidos que se encontram acumulados em uma área do *Campus* Rural – UFS.

Apresentar formas de gestão dos resíduos sólidos que são gerados diariamente no *Campus* Rural pelos frequentadores.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 LEGISLAÇÃO

Assim como em todas áreas de gestão ambiental (ar, solo, água, efluentes e etc.) os resíduos sólidos possuem suas legislações específicas que servem como objeto de direcionamento legal para que pessoas físicas e jurídicas promova um gerenciamento dos seus resíduos de forma ambientalmente adequada e benéfica ao seus usuários.

3.1.1 Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS

A Lei 12.305 de 02 de Agosto de 2010, denominada Política Nacional dos Resíduos Sólidos – PNRS, dispendo sobre seus princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis (BRASIL, 2010).

O artigo 3º da lei supracitada contém definições importantes e que serão utilizadas neste trabalho, a saber (BRASIL, 2010):

(...)

V - **Coleta Seletiva:** coleta de resíduos sólidos previamente segregados conforme sua constituição ou composição;

IX - **Geradores de Resíduos Sólidos:** pessoas físicas ou jurídicas, de direito público ou privado, que geram resíduos sólidos por meio de suas atividades, nelas incluído o consumo;

X - **Gerenciamento de Resíduos Sólidos:** conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com plano de gerenciamento de resíduos sólidos, exigidos na forma desta Lei;

XII - Logística Reversa: instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada;

XIV - Reciclagem: processo de transformação dos resíduos sólidos que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos ou novos produtos, observadas as condições e os padrões estabelecidos pelos órgãos competentes do Sisnama e, se couber, do SNVS e do Suasa;

XVI - Resíduos Sólidos: material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos integra a Política Nacional do Meio Ambiente e articula-se com a Política Nacional de Educação Ambiental, regulada pela Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999, com a Política Federal de Saneamento Básico, regulada pela Lei nº 11.445, de 2007, e com a Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005, tornado assim um sistema unificado de diretrizes e conceitos técnicos aplicáveis a todo o território nacional a fim de proteger o meio ambiente, os recursos naturais e a saúde humana. Para isso a PNRS tem alguns princípios a serem levados em conta, como:

I - a prevenção e a precaução;

II - o poluidor-pagador e o protetor-recebedor;

IV - o desenvolvimento sustentável;

VI - a cooperação entre as diferentes esferas do poder público, o setor empresarial e demais segmentos da sociedade;

VIII - o reconhecimento do resíduo sólido reutilizável e reciclável como um bem econômico e de valor social, gerador de trabalho e renda e promotor de cidadania (BRASIL, 2010).

Sendo assim, os objetivos principais da PNRS são a proteção da saúde pública e da qualidade ambiental; a não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos; bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos; o estímulo à adoção de padrões sustentáveis de produção e consumo de bens e serviços; o incentivo à indústria da reciclagem, tendo em vista fomentar o uso de matérias-primas e insumos derivados de materiais recicláveis e reciclados; a gestão integrada de resíduos sólidos; a articulação entre as diferentes esferas do poder público, e destas com o setor empresarial, com vistas à cooperação técnica e financeira para a gestão integrada de resíduos sólidos; e a integração dos catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis nas ações que envolvam a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos (BRASIL, 2010).

Para os efeitos desta Lei, os resíduos sólidos têm uma classificação e definição quanto a origem, cuja abordagem dar-se-á no presente trabalho por:

- a) **Resíduos Domiciliares:** os originários de atividades domésticas em residências urbanas;
- b) **Resíduos de Limpeza Urbana:** os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana;
- f) **Resíduos Industriais:** os gerados nos processos produtivos e instalações industriais;
- g) **Resíduos de Serviços de Saúde:** os gerados nos serviços de saúde, conforme definido em regulamento ou em normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama e do SNVS;

h) **Resíduos da Construção Civil:** os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis;

i) **Resíduos Agrossilvopastoris:** os gerados nas atividades agropecuárias e silviculturais, incluídos os relacionados a insumos utilizados nessas atividades (BRASIL, 2010).

E quanto a periculosidade, são classificados como:

a) **Resíduos Perigosos:** aqueles que, em razão de suas características de Inflamabilidade, Corrosividade, Reatividade, Toxicidade, Patogenicidade, Carcinogenicidade, Teratogenicidade e Mutagenicidade, apresentam significativo risco à saúde pública ou à qualidade ambiental, de acordo com lei, regulamento ou norma técnica;

b) **Resíduos Não Perigosos:** aqueles não enquadrados na alínea “a” (BRASIL, 2010).

3.2 RESÍDUOS AGROSSILVOPASTORIS

3.2.1 Embalagens de Agrotóxicos

A utilização de agrotóxicos organossintéticos no país iniciou-se na década de 40, com a introdução de amostras de diclorodifeniltricloroetano (DDT) nas lavouras brasileiras, (SPADOTTO, 2006). O Brasil é um dos maiores consumidores mundiais de agrotóxicos (Tabela 1), com aproximadamente 1.500 marcas comerciais registradas, um consumo próximo a 700 mil toneladas de produtos formulados ao ano, totalizando em vendas na casa dos US\$ 7 bilhões, (MENTEM, 2008). As embalagens de agrotóxicos vazias são classificadas segundo a PNRS por apresentarem em seu interior resíduos do agrotóxico, o que evidencia um elevado risco de contaminação humana e ambiental se descartadas de modo inadequado e sem um manejo adequado (COMETTI, 2009).

Tabela 1: Embalagens vazias de agrotóxicos destinadas corretamente entre os anos 2002-2010
(Em Toneladas).

Ano	Embalagens Destinadas
2002	3.768
2003	7.855
2004	13.933
2005	17.881
2006	19.634
2007	21.129
2008	24.415
2009	28.771
2010	31.266
Total	168.652

Fonte: Adaptado de IPEA (2012) apud INPEV (2015)

No ano 2010, mais de 30 mil toneladas de embalagens foram destinadas corretamente. (Tabela 2) por meio da reciclagem e/ou incineração, o que significa que:

- i) 95% das embalagens primárias – aquelas que entram em contato direto com o produto – são retiradas do campo e enviadas à destinação ambientalmente correta;
- ii) 94% das embalagens plásticas são destinadas;
- iii) 80% do total das embalagens comercializadas são destinadas. (IPEA, 2012)

Tabela 2: Destinação final acumulada das embalagens vazias de agrotóxicos por estado no ano 2010 (valores expressos em kg).

Região	Embalagens Lavadas	Embalagens não lavadas	Total Geral	%	Ranking
Brasil	28.779.225	2.486.465	31.265.690	100	-
Norte	418.982	52.255	471.237	1,5	5°
Rondônia	219.000	15.260	234.260	0,7	12°
Tocantins	161.402	14.325	175.727	0,6	15°
Pará	38.580	18.800	57.380	0,2	18°
Roraima	-	3.870	3.870	<0,1	21°
Nordeste	3.514.618	168.767	3.683.385	12	4°

Região	Embalagens Lavadas	Embalagens não lavadas	Total Geral	%	Ranking
Bahia	2.355.493	113.100	2.468.593	7,9	7º
Maranhão	571.422	9.760	581.182	1,9	9º
Piauí	231.980	15.237	247.217	0,8	11º
Pernambuco	189.770	23.440	213.210	0,7	13º
Alagoas	92.850	7.230	100.080	0,3	16º
Rio Grande do Norte	62.433	-	62.433	0,2	17º
Sergipe	10.660	-	10.660	<0,1	20º
Sudeste	5.638.086	795.581	6.433.667	21	3º
Minas Gerais	2.272.213	333.263	2.605.476	8,3	6º
Espírito Santo	168.849	24.926	193.775	0,6	14º
Rio de Janeiro	11.690	10.060	21.750	0,1	19º
São Paulo	3.185.334	427.332	3.612.666	11,6	3º
Sul	7.365.195	719.169	8.084.364	26	2º
Paraná	4.220.208	495.585	4.715.793	15,1	2º
Santa Catarina	465.037	64.458	529.495	1,7	10º
Rio Grande do Sul	2.679.950	159.126	2.839.076	9,1	5º
Centro-Oeste	11.842.344	750.693	12.593.037	40	1º
Mato Grosso	6.777.914	325.554	7.103.468	22,7	1º
Mato Grosso do Sul	2.040.948	134.996	2.175.944	7	8º
Goiás	3.023.482	290.143	3.313.625	10,6	4º

Fonte: Adaptada de IPEA (2012) apud INPEV (2015)

Observa-se que os estados com maior devolução de embalagens lavadas de agrotóxicos são: Mato Grosso, Paraná, São Paulo, Goiás e Rio Grande do Sul, e isso tem uma explicação por conta de que também são os maiores consumidores de agrotóxicos do país, do mesmo modo possuem as maiores áreas plantadas.

O Brasil é o país líder em destinação final das embalagens de agrotóxicos no mundo, atingiu em 2015 a marca de 45.537 toneladas de embalagens, o que representa 94% dos agrotóxicos utilizados nas lavouras tiveram as suas embalagens passando pelo processo de logística reversa segundo a INPEV. Os países que mais encaminharam para destinação final, neste mesmo período, foram Alemanha (76%) Canadá (73%) França (66%) Japão (50%) Polônia (45%) Espanha (40%) Austrália (30%) e Estados Unidos (30%) (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, 2013).

O sistema de Logística Reversa das embalagens vazias após o uso do agrotóxico pelo agricultor tem início com a lavagem dos recipientes adequada (tríplice lavagem ou lavagem sob

pressão de um jato d'água) como mostra a Figura 2, o resíduo proveniente da lavagem poderá ser colocado na próxima embalagem que ainda será utilizada, realizando assim uma diluição do produto. Após estarem secas, as embalagens são transportadas até o estabelecimento ou centro de distribuição no qual foi adquirido o produto, no prazo de um ano após a compra ou seis meses após o vencimento da data de validade do produto (SATO, CARBONE e MOORI, 2006).

Figura 2: Demonstração da tríplice lavagem para embalagens de agrotóxicos.



Fonte: (COASA, 2015).

3.2.2 Embalagens de Fertilizantes

A utilização de fertilizantes nas lavouras brasileiras está associado ao progresso do setor agrícola, sendo o Brasil um dos cinco maiores consumidores mundiais de insumos para produção de fertilizantes. No ano de 2010 foi consumido aproximadamente 24,5 milhões de toneladas do produto, por conta da grande demanda que os cultivos de soja, cana-de-açúcar, milho, café e algodão necessitam.

A Figura 3 exibe os formatos de embalagens nas quais são comercializados os fertilizantes agrícolas, através de sacarias de 50kg ou *big bags* 1 t a 1,5 t. Com isso, pode-se calcular a quantidade de embalagens utilizadas, conhecendo a área agricultável brasileira (Tabela 3) e o consumo médio de fertilizantes.

Figura 3: (a) Embalagens de fertilizantes com capacidade de 50 kg e (b) big bags com maior capacidade de até 1,5 t.



Fonte: ((a) COOPERCITRUS; (b) BEHANCE).

Tabela 3: Área dos estabelecimentos rurais, segundo o estrato de área – Brasil (1985, 1995 e 2006) (Em ha).

Estrato de Área	Área de Estabelecimentos Rurais		
	1985	1995	2006
Total	374.924.421	353.611.246	329.941.393
Menos de 10 ha	9.986.637	7.882.194	7.798.607
De 10 ha a menos de 100 ha	69.565.161	62.693.585	62.893.091
De 100 ha a menos de 1.000ha	131.432.667	123.541.517	112.696.478
1.000 ha e mais	163.940.667	159.493.949	146.553.218

Fonte: Adaptada de IPEA (2012) apud IBGE(2011a).

Como o consumo anual de fertilizante é aproximadamente 24,5 milhões de toneladas e a área total é de 330 milhões de hectares, tem-se uma média de 75 kg de fertilizantes por hectare (uma média subestimada, para simples representatividade). Para estimar a quantidade de embalagens, foi considerado que:

- i) As propriedades menores de 10 ha utilizam exclusivamente sacarias de 50 kg;
- ii) As propriedades entre 10 ha e 100 ha utilizam 50% dos fertilizantes em sacarias de 50 kg e 50% em *big bags* de 1,5 toneladas;
- iii) As propriedades acima de 100 ha utilizam apenas *big bags* de 1,5 t, conforme dados compilados na Tabela 4.

Tabela 4: Estimativa do consumo de embalagens para o setor de fertilizantes.

Distribuição das propriedades	Área de Estabelecimentos Rurais	Consumo de Fertilizantes (% e t)	Estimativa de Embalagens	
Total (ha)	374.924.421	100 (24,5 mil t)		
Menos de 10 ha	9.986.637	2,4 (0,6 mil t)	Em sacarias de 50kg	1,2 milhões
De 10 a 100 ha	69.565.161	19,1 (4,7 mil t)	50% em sacarias de 50kg	47 milhões
De 100 a 1.000 ha	131.432.667	34,2 (8,4 mil t)	50% em <i>big bags</i> de 1,5t	3,1 milhões
Mais de 1.000 ha	163.940.667	44,4 (10,9 mil t)	Em <i>big bags</i> de 1,5t	5,6 milhões
			Em <i>big bags</i> de 1,5t	7,3 milhões
			Total	64,2 milhões

Fonte: Adaptada de IPEA (2012).

A quantidade total é de 64,2 milhões de embalagens de fertilizantes descartadas. Mesmo sendo um valor aproximado, e com dados do último censo desatualizado, é perceptível a dimensão alarmante da produção desse resíduo sólido.

Os pesquisadores Boteon, Martini e Costa realizaram uma entrevista¹ no ano de 2006 com 960 produtores de banana, batata, cebola, citros, manga, mamão, melão, tomate e uva, localizados nas principais regiões produtoras do país, com o intuito de coletar dados a respeito da destinação dada embalagens de fertilizantes, sendo apresentada na Tabela 5.

Tabela 5: Destino das embalagens de fertilizantes utilizadas nas propriedades hortifrutícolas.

Destino das Embalagens	
Reaproveitamento das embalagens para outros fins	78%
Queima de embalagens	27%
Jogam as embalagens no lixo comum	11%

Fonte: Adaptada de BOTEON, MARTINI e COSTA (2006).

¹ Alguns entrevistados costumam adotar mais de uma das formas de eliminação das embalagens citadas acima. Por isso, a soma total ultrapassa 100%.

Segundo tais autores, as sacarias que foram declaradas como venda ou doação para reciclagem por 78% dos entrevistados, são reaproveitadas dentro das propriedades para ensacar esterco, pedras, serragem, calcário, terra para contenção de água etc.

Mesmo tendo o reaproveitamento das embalagens pelos produtores, muitos reutilizam de forma inapropriada, estocando milho, café, frutas etc., o que pode provocar a contaminação destes produtos, mesmo realizando uma lavagem prévia das sacarias. As outras formas que se destina as embalagens são:

- i) Incineração, na qual 27% dos agricultores realizam, antes ou depois do reaproveitamento na propriedade;
- ii) Descarte junto com o lixo comum, citado por 11% (BOTEON, MARTINI e COSTA, 2006).

A amostragem do estudo não foi tão abrangente para caracterização de toda destinação das embalagens de fertilizantes, mas é notório que as práticas mais comuns na população rural, que, por não possuir informações técnicas, acabam por realizar de forma errônea a destinação correta das sacarias.

3.2.3 Resíduos Sólidos Domésticos

Assim como na zona urbana, a zona rural tem potencial de geração de resíduos sólidos, além de efluentes líquidos. Os resíduos sólidos como embalagens, papéis, latas, vidros, e orgânicos fazem parte das atividades realizadas nas residências. A composição dos resíduos sólidos domésticos rural é muito semelhante ao resíduo doméstico urbano, por conta muitas vezes da sua localização facilitar o consumo nos grandes centros urbanos, bem como a própria utilização de bens de consumo e hábitos contemporâneos (alimentação, vestuário, lazer, produtos de higiene e limpeza etc.) difundidos por toda a sociedade.

A composição do resíduo doméstico rural inicialmente era basicamente produtos orgânicos que sobravam do preparo da alimentação, entretanto, após a aproximação entre o campo e a cidade que aconteceu nos últimos 20 anos é perceptível a inclusão de embalagens plásticas, vasilhas e vasilhames de vidro, pilhas e baterias, lâmpadas, pneus e em alguns casos produtos eletrônicos que de forma condenável é disposta nos quintais, fundos de casas e em todo o terreno que lhes é ocupado (SHNEIDER, 2006).

As empresas detentoras do direito de gestão (coleta, tratamento e destinação) de resíduos sólidos municipais, urbano e rural nos domínios federal, estadual e municipal são determinadas pela Constituição Federal (CF) de 1988 (BRASIL, 1988), nos Artigos 23 e 30 (IPEA, 2012).

Artigo 23, incisos VI e IX: estabelecem ser competência comum da União, dos estados, do Distrito Federal e dos municípios proteger o meio ambiente e combater a poluição em qualquer das suas formas, bem como promover programas de construção de moradias e a melhoria do saneamento básico. Artigo 30, incisos I e V: estabelecem como atribuição municipal legislar sobre assuntos de interesse local, especialmente quanto à organização dos seus serviços públicos, como é o caso da limpeza urbana (IBAM, 2001).

Segundo o PNAD 2009 (IBGE, 2010), no território nacional, a coleta dos resíduos sólidos domésticos na zona rural ocorre em apenas 31,6% dos núcleos habitacionais. Entretanto, na zona urbana a coleta é realizada em quase 100% das residências. Por conta das dificuldades topográficas, localização e da ineficiência com a coleta e transporte do resíduo, e descaso com a população rural, os hábitos diários de destinação dos resíduos das residências rurais são: a queima, o lançamento em rios, córregos, lagos, nascentes e lagoas, e o enterramento nos terrenos mais próximos das suas habitações, conforme Tabela 6.

Tabela 6: Distribuição de moradores em domicílios particulares permanentes por tipo de destino do lixo e situação do domicílio (2009) (valores expressos em %).

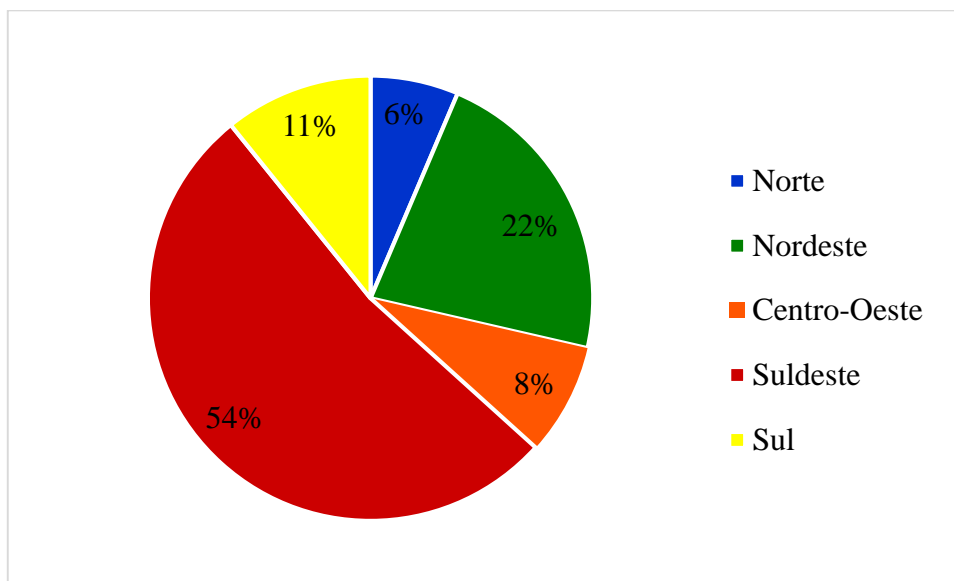
	Coletado		Queimado ou enterrado		Jogado em terreno baldio		Jogado em rio, lago	Outro destino
	Urbano	Rural	Urbano	Rural	Urbano	Rural	Rural	Rural
<i>Brasil</i>	98,1	31,6	1,2	59	0,5	8,5	0,3	0,4
Norte	96,9	28,4	2,3	64	0,6	5,4	1,8	0,2
Nordeste	95,2	19,2	3	65,5	1,5	15	0,2	0,1
Suldeste	99,3	50,4	0,4	46,7	0,1	2,1	0	0,6
Sul	99,5	49,3	0,4	48,2	0	1,1	0,1	1
Centro-Oeste	98,8	27,3	0,9	68,3	0,1	2,3	0,1	0,4

Fonte: Adaptado de IPEA (2012) apud PNAD IBGE (2010).

É notório que, com o passar dos anos o aumento da coleta de resíduos sólidos tem aumentado consideravelmente, entretanto, os domicílios da zona rural sofrem com a falta desse instrumento de saneamento público, o que obriga aos moradores realizarem práticas inapropriadas como queimar, enterrar, ou jogar em terrenos baldios, como pode ser visto na Tabela 6, onde mostra que aproximadamente 68% da população da zona rural brasileira adota essas práticas. De acordo com os dados do Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, 2014 (ABRELPE, 2014), a população urbana brasileira gera, em média, 0,963 kg/hab.dia, aproximadamente 195.233 t/dia de resíduo, e essa geração de Resíduo Sólido Domiciliar (RSD) é coletada em quantidades diferentes pelas regiões do país, como mostra a Figura 4.

As regiões mais populosas têm consequentemente uma maior produção de resíduos e com isso uma maior coleta, mas se for analisada região por região (Figura 5), é evidente que as regiões com maiores investimentos, possuem maior índice de abrangência da coleta dos seus resíduos sólidos urbanos.

Figura 4: Distribuição da Quantidade Total de RSU Coletado (%).



Fonte: Adaptado de ABRELPE, 2014.

A composição gravimétrica média dos RSDs no país, segundo dados do IBGE (2010) segue os dados da Tabela 7.

Tabela 7: Composição gravimétrica do RSD no Brasil

Resíduos	(%)
Metal, Aço e Alumínio	5,8
Papel/Papelão	13,1
Plástico	13,5
Vidro	2,4
Matéria Orgânica	51,4
Outros	16,7

Fonte: Adaptado de IBGE (2010).

Figura 5: Índice de Abrangência da Coleta de RSU (%).

Fonte: ABRELPE, 2014.

As regiões com maior desenvolvimento ou industrialização, o consumo de certos produtos muda essa composição, reduzindo consideravelmente a matéria orgânica. Sendo assim, a composição do RSD das zonas rurais tem a tendência de possuir uma maior quantidade de matéria orgânica.

Fazendo uma estimativa e criando um cenário no qual a geração per capita de RSD urbano é 0,9 kg/hab.dia e RSD rural é de 0,1 kg/hab.dia, com um teor de matéria orgânica de 65%,

a produção chega a 650 mil de toneladas/ano de matéria orgânica nos RSDs rurais, uma enorme quantidade que não possui coleta, transporte e disposição/tratamento adequados (IPEA, 2012).

3.2.4 Produtos Veterinários

A pecuária no Brasil é um dos pilares que sustentam o PIB nacional, com uma grande produção e exportação de carne de bovinos, aves, suínos e caprinos e leite de algum desses rebanhos para alimentação, além de equinos e muares para montaria e pastoreio. A região Centro-Oeste (Mato Grosso, Goiás e Mato Grosso do Sul) e a Sudeste (Minas Gerais e São Paulo) são os grandes detentores dos maiores rebanhos nacionais e com expressividade mundial. O efetivo de rebanhos no país pode ser observado na Tabela 8, totalizando aproximadamente 1.600.000.000 de animais destinados à criação e seus diversos fins.

Tabela 8: Efetivo de rebanhos no Brasil (2015)

Rebanho	Efetivo de Animais
Bovinos	215.199.488
Suínos	40.332.553
Caprinos	9.614.722
Galináceos	1.332.078.050
Equinos	5.551.238
Bubalinos	1.365.636

Fonte: Adaptada de IBGE (2016).

De posse desses dados, é perceptível que a necessidade de um consumo de insumos como rações e vitaminas, além de medicamentos é muito grande, gerando assim uma grande quantidade de resíduos provenientes de produtos veterinários. Mesmo possuindo o segundo maior rebanho no Brasil, a bovinocultura de corte e leite movimenta a maior parte desse setor econômico do país. Multinacionais voltadas para o ramo da indústria farmacêutica humana como Pfizer, Novartis, Bayer, Boehringer Ingelheim, Eli Lilly, entre outras, também são fabricantes de produtos de saúde animal (IPEA, 2012).

Essa produção de medicamentos para uso em animais é representada pelo Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para Saúde Animal (SINDAN), órgão esse que estuda, coordena,

protege e representa legalmente a categoria econômica da indústria de importação de produtos para saúde animal. Segundo o SINDAN, no país, existem 7.222 produtos de uso veterinário autorizados a serem comercializados, com destaque para as vacinas, os antibióticos e os produtos para combate de ectoparasitas, com faturamento próximo a R\$ 3 bilhões (IPEA, 2012).

Com relação à fiscalização do uso de produtos veterinários, os Decretos-Lei nº 467/1969, 1.662/1995 e 5.053/2004, apontam que os produtos da indústria veterinária deverão ser fiscalizados por órgãos competentes na sua produção e comercialização, porém não existem citações sobre normas e regras para a destinação das embalagens vazias, conferindo o mesmo perigo à saúde humana e ao meio ambiente que os agrotóxicos (IPEA, 2012).

No Brasil, existem diversas vacinas para uso veterinário e, em se tratando de bovinos, uma gama delas com maior relevância são as vacinas pertencentes a programas nacionais de vacinação anual que são, o Programa Nacional de Erradicação e Prevenção da Febre Aftosa (Pnefa) e o Programa Nacional de Controle e Erradicação da Brucelose e da Tuberculose Animal (PNCEBT), além de raiva, clostridiose, entre outras, com consumo anual acima das 600 milhões de doses (Tabela 9). Essa vacinação obrigatória tem um grande benefício em relação ao controle de pragas e doenças nos rebanhos do país, entretanto, a produção de embalagens descartadas (Tabela 10) tem como destino final a queima, aterramento, combinação com o lixo doméstico ou lançamento em córregos ou terrenos baldios, sem nenhum controle ou pontos de recebimento como acontece com os agrotóxicos, sendo que os produtos de saúde animal possuem semelhança química e/ou estruturais, podendo provocar os mesmos danos à saúde humana e ambiental (IPEA, 2012).

Tabela 9: Vacinas aplicadas anualmente no rebanho bovino brasileiro.

Vacina	Duração da imunidade (meses)	Doses/ano (milhões)
Febre Aftosa	6	380
Clostridiose	12	150
Raiva	12	120
Brucelose	72	20

Fonte: Adaptada de IPEA (2012).

Tabela 10: Consumo de embalagens de vacinas no país.

Vacina	Doses/ano (milhões)	Comercialização em frascos (ml)	Quantidade de frascos comercializados (milhões)
Febre Aftosa	380	50 e 250	7,6
Clostridiose	150	30 e 90	5
Raiva	120	40, 50 e 100	2,4
Leptospirose	200	100	10
Brucelose	20	10 e 30	1,3

Fonte: Adaptada de IPEA (2012).

3.2.5 CAFO - Concentrated Animal Feeding Operation (Operação de Alimentação para Animais Confinados)

O consumo de alimentos provenientes da agricultura e pecuária existe há muitos séculos, entretanto, a quantidade com que se é produzido e consumido atualmente ultrapassa todos os limites e padrões de desenvolvimento sustentável. As grandes fábricas de pecuária industrial, como são denominadas as fazendas de grande porte presentes em países como EUA, China, Inglaterra, Canadá e até mesmo no Brasil, possuem um simples objetivo: produzir a maior quantidade possível de carne, leite e ovos no menor tempo possível e com o menor custo de produção. Para que isso ocorra, é necessário amontoar milhões de animais em sistemas de confinamento, onde são alimentados com rações repleta de hormônios durante todo tempo, recebendo aplicações de antibióticos que facilitam o ganho de peso e eliminam as doenças. Todo esse processo lança enormes quantidades de efluentes líquidos (Figura 6), poluindo os recursos hídricos, produzindo gases como amônia (NH_3) e metano (CH_4), sem nenhum controle e tratamento das emissões, além dos resíduos sólidos (esterco), que são acumulados e utilizados de forma exagerada nas plantações, degradando o solo (IMHOFF,2010).

Para uma fazenda ser caracterizada como CAFO, ela deve possuir, no mínimo, 1000 unidades de animais, sendo que uma unidade animal é definida como 1000 libras de peso vivo, aproximadamente 453,6 kg. Sendo assim, 2.500 porcos, 700 vacas leiteiras, 1.000 vacas de corte, 100.000 frangos de corte ou 82.000 galinhas poedeiras são equivalentes a 1000 unidades de origem animal ou um CAFO (SPELLMAN, WHITING, 2007).

Figura 6: Lançamento de efluentes proveniente da criação de aves.



Fonte: (JOHNIKERD).

As emissões de compostos reduzidos de enxofre (RSCs do Inglês *Reduced Sulfur Compounds*) provenientes dos CAFOs possuem um grande impacto nos ecossistemas em que estão inseridos. Na escala local o principal efeito é o odor, pois esses compostos são odoríferos, característicos dos CAFOs e podem causar doenças na fauna e flora locais, bem como afetam a saúde humana em áreas mais próximas, e a qualidade de vida dos moradores da vizinhança. Esses gases também podem acarretar em impactos regionais, como resultado da oxidação dos RSCs, formando dióxido de enxofre, que, por sua vez, pode reagir ainda mais para formar aerossóis, tais como sulfato de amônio e dissulfeto de carbono, que, por inalação, pode afetar os sistemas ocular, cardiorrespiratório, digestivo e, por exposição excessiva, pode levar ao câncer (RUMSEY et al. 2014).

Com o intuito de reduzir essa poluição e contaminação aos ecossistemas, alguns CAFOs dos Estados Unidos estão utilizando a digestão anaeróbia para gerar energia limpa e renovável, melhorar a gestão da produção de esterco e com isso reduzir a emissão de gases, como citado anteriormente. A adoção da digestão anaeróbia para a digestão do substrato do esterco resulta em uma baixa eficiência do biogás, devido à baixa carga orgânica e às altas concentrações de nitrogênio (N), inibindo e tornando o processo instável. Combinando-se substratos e uma co-

digestão anaeróbia ao processo, pode-se aumentar a carga orgânica e melhorar assim o desempenho em relação a mono-digestão anaeróbia, fornecendo macro e micronutrientes (EBNER et al., 2016).

3.3 TÉCNICAS ADOTADAS NO GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS AGROSSILVOPATORIS

3.3.1 Embalagens de Fertilizantes

As sacarias que envolve os fertilizantes tem como função protegê-los contra umidade e tensões mecânicas, podendo ser fabricados a partir de diversas matérias primas, como: polietileno (PE), polipropileno (PP), papel ou combinações desses materiais que estão disponíveis (sacos valvulados, sacos totalmente "abertos" para selagem e costura), os quais são produzidos com algumas determinações técnicas específicas:

Seguindo as recomendações, as embalagens proporcionam uma maior proteção ao produto que será armazenado. Por conta desses materiais que servem de matéria prima para a sua produção, a sua reciclagem e reaproveitamento é possível, desde que realizada corretamente (YARA BRASIL).

a. Reciclagem das Embalagens de Fertilizantes

O processo de reciclagem dos sacos inicia-se com a limpeza dos mesmos, colocando-os ao avesso e sacudindo-os para retirar o máximo de conteúdo possível. Após essa limpeza primitiva os sacos vazios podem ser descartados como material não perigoso por incorporarem apenas traços dos resíduos. Existem diretrizes nacionais a serem levadas em consideração para reciclagem desse material, dentre as quais:

- Minimizar a quantidade de resíduo de embalagens usando um tamanho de pacote adequado à quantidade de produto requerida;
- Não reutilizar embalagens (sacos) vazias para encher novamente com fertilizante;
- Realizar a tríplice lavagem conforme a Figura 2;
- Esvaziar completamente as embalagens de pó;

- Separar as embalagens esvaziadas de acordo com o tipo.

A rotulagem é muito importante nesse caso, pois, obrigatoriamente, deverá conter uma simbologia (Figura 7) composição química da embalagem e, através desse símbolo, pode-se saber se o saco pode ou não ser reciclado (YARA BRASIL).

Figura 7: Simbologia para rótulos de material reciclável.



Fonte: (YARA BRASIL).

Segundo Yara Brasil, estes símbolos que deverão ser impressos nos rótulos das embalagens facilitam a triagem do material antes da reciclagem, pois cada número significa um material e um tipo de plástico que poderá ser utilizado para produção de outro produto com o tipo de plástico correto, como se pode ver a seguir:

2: HDPE: Polietileno de alta densidade

O HDPE é levemente ceroso e semirrígido, sendo aplicado na produção de garrafas térmicas, frascos para cosméticos e mangueiras para irrigação.

4: LDPE: Polietileno de baixa densidade

O LDPE é um termoplástico resistente a temperaturas ambientes até 80°C e com excelente resistência. O LDPE reciclado é usado com frequência para fabricar sacos de supermercado.

5: PP: Polipropileno

O PP se estica em filamentos e emana um cheiro químico quando queimado, podendo ser utilizado na fabricação de tanques, tubulações e brinquedos.

Algumas empresas fabricantes de embalagens plásticas possuem linhas de pesquisa para produção de embalagens biodegradáveis ou bioplásticos. Os bioplásticos são resinas que são

degradadas com a atividade dos microrganismos ao entrar em contato com o solo, umidade, ar e luz solar. Essas resinas são derivadas de produtos vegetais e animais, como celulose, amido, quitina e etc., substituindo os polímeros derivados do petróleo que são degradáveis em condições extremas de temperatura ou no ambiente após muitos anos (RICCHINI, 2013).

A norma ASTM D6400 especifica três critérios para um material ser considerado biodegradável:

1. Mineralização:

- 90% do material deverá ser convertido em CO₂, água e húmus através de assimilação microbológica;
- Taxa de conversão igual à de materiais naturais – folhas, papel, grama, alimentos, etc.
- Tempo de degradação máximo de 180 dias.

2. Desintegração:

- Até 10% do material testado deverá ficar retido em uma peneira de 2 mm.

3. Segurança:

- Nenhum impacto em plantas (RICCHINI, 2013).

As agências regulamentadoras e institutos em países da Europa, Ásia e nas Américas possuem normas específicas para biodegradação e compostagem, que determinam todo o processo de degradação, as matérias-primas e os produtos finais, certificando-os e emitindo selos de comprovação (Figura 8).

Figura 8: Selos emitidos por organizações internacionais que regulamentam biodegradação e compostagem. (a) Selo BPI-Biodegradable Product Institute, (b) Selo BPS - Biodegradable Plastics Society, (c) European Bioplastic.



Fonte: ((I) MCGILLCOMPOST; (II) GLOBAL CERTIFICAION; (III) BIOPLASTICS MAGAZINE).

- Selo (I) Biodegradable Product Institute/ Instituto de Produtos Biodegradáveis – **Norma ASTM D6400**, Estados Unidos.
- Selo (II) Biodegradable Plastics Society/ Sociedade de Plásticos Biodegradáveis – **Norma GreenPla**, Japão.
- Selo (III) European Bioplastic – **Norma EN 13432**, Certificado pela DIN/CERTCO, Europa.

No Brasil, a ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, elaborou duas normas para essa área de embalagens plásticas e biodegradação/compostagem que são a NBR 15448-1 - que dispõe sobre Embalagens plásticas degradáveis e/ou de fontes renováveis, e a NBR 15448-2, sobre Biodegradação e compostagem - Requisitos e métodos de ensaio.

3.3.2 Resíduos Sólidos Domiciliares Rurais

Uma porcentagem dos resíduos sólidos gerados pelo *Campus Rural* da UFS pode ser classificada como domiciliar, pelo simples fato de alguns trabalhadores do *Campus* residirem no local, além de técnicos, alunos e seguranças que utilizam as dependências para o preparo de

alimentação, banheiros e secretaria do *Campus*, assemelhando-se a um ambiente urbano, resguardadas as devidas proporções. Esse resíduo sólido domiciliar deverá ser coletado através de uma coleta seletiva na qual a parte orgânica será encaminhada para a área de compostagem e o restante transportado para o aterro sanitário.

a. Aterro Sanitário

A destinação correta mais usual no país é o aterro sanitário, que, segundo ABNT NBR 8419/1992:

É uma técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores, se necessário (ABNT, 1992).

Para construção de um Aterro Sanitário é necessário obedecer alguns pré-requisitos estabelecidos pela Norma ABNT NBR 13896 – Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação, a saber:

- a) **Topografia** - Recomendam-se locais com declividade superior a 1% e inferior a 30%;
- b) **Geologia e tipos de solos existentes** - Considera-se desejável a existência, no local, de um depósito natural extenso e homogêneo de materiais com coeficiente de permeabilidade inferior a 10^{-6} cm/s e uma zona não saturada com espessura superior a 3,0 m;
- c) **Recursos Hídricos** - O aterro deve ser localizado a uma distância mínima de 200 m de qualquer coleção hídrica ou curso de água;
- d) **Vegetação** - o estudo macroscópico da vegetação é importante, uma vez que ela pode atuar favoravelmente na escolha de uma área quanto aos aspectos de redução do fenômeno de erosão, da formação de poeira e transporte de odores;

Além de dos acessos o mais próximo possível de rodovias, tamanho disponível e vida útil mínimo de 10 anos, custos que possua uma viabilidade econômica e a distância mínima a núcleos populacionais recomenda-se que seja superior a 500 m (ABNT, 1997).

Além dos requisitos estabelecidos pela norma supracitada, é necessária a construção e implantação de sistemas de drenagem superficial, drenagem do percolato e tratamento do mesmo, drenagem dos gases, impermeabilização inferior e superior, como pode ser notado no esquema abaixo (Figura 9) (OBLADEN et al. 2009).

Figura 9: Etapas de construção, manutenção e finalização de um aterro sanitário.



Fonte: GOVERNO DO ESTADO DE RONDÔNIA (2014).

b. Compostagem

O processo de compostagem varia conforme muda o enfoque da sua produção, podendo ser microbiológico, agrônomico ou da engenharia ambiental, mas todos têm em comum o caráter aeróbico e termofílico, excluindo os métodos anaeróbicos. Com isso, tem-se algumas definições segundo diferentes autores:

“O processo de decomposição biológica da fração orgânica biodegradável dos resíduos, efetuado por uma população diversificada de organismos, em condições controladas de aerobiose e demais parâmetros, desenvolvido em duas etapas distintas: uma de degradação ativa e outra de maturação.” (ABNT 13.591, 1996).

“O processo pode ser definido como uma decomposição aeróbica e termofílica de resíduos orgânicos por populações microbianas quimiorganotróficos existentes no próprio resíduo, sob condições controladas, que produz um material parcialmente estabilizado de lenta decomposição, quando em condições favoráveis.” (INÁCIO; MOMSEN, 2009 apud LAMBAIS, 1992).

“Compostagem é a decomposição biológica e estabilização de substratos orgânicos, sob condições que permitem o desenvolvimento de temperaturas termofílicas como o resultado do calor produzido biologicamente, para produzir um produto final que é estável, livre de patógenos e sementes de plantas e pode ser benéficamente aplicado na terra.” (INÁCIO; MOMSEN, 2009 apud HAUG, 1993).

i) Montagem da Leira ou Pilha

A preparação das leiras de compostagem segue alguns critérios que devem ser utilizados para uma melhor degradação dos resíduos e o aumento da eficiência do processo. A composição básica de uma leira deve ser de material verde (palhas, folhas, capinas e etc.) fonte de carbono e uma mistura de vários resíduos orgânicos (lodos, restos de alimentos, restos de culturas vegetais, esterco e etc.) - fonte de nitrogênio, como representado na Figura 10 (PEREIRA NETO, 2007b).

Figura 10: Composição percentual básica adequada para uma leira de compostagem.



Fonte: (PEREIRA NETO, 2007b).

Misturam-se os constituintes da leira ou pilha a serem compostados e realiza-se a montagem do maciço, imediatamente. A configuração mais usual e ideal para essa técnica é construir uma seção reta e um formato aproximadamente triangular com dimensões variadas. De acordo com a quantidade de resíduo que se dispõe, as dimensões de 1,5m por 1,5m a 3,0m (Altura x Largura) é a mais recomendada, variando-se assim o seu comprimento, dependendo do espaço físico que foi selecionado para esse fim (Figura 11) (PEREIRA NETO, 2007b).

Figura 11: Formação de Leiras (a) e Pilhas (b) de compostagem.



Fonte: (ORTIZ, 2014).

ii) Controle do Processo

Por se tratar de uma técnica que envolve processos biológicos com o desenvolvimento de microrganismos (Fungos, Bactérias e Actinomicetos), é necessário a criação de ambientes

adequados à existência desses microrganismos, para que possam degradar, estabilizar e humificar a matéria orgânica. Para isso, é necessário controlar alguns fatores (Figura 12) que influenciam no processo, sendo eles (PEREIRA NETO, 2007b):

- *Umidade:* para que o processo não se torne anaeróbico por conta do preenchimento dos vazios com água o teor da mesma na leira de compostagem deve ficar em torno de 40% a 55%. O excesso de água provoca fortes odores que atraem vetores e produção de chorume dos resíduos;
- *Oxigenação:* por ser um processo aeróbico, existe a necessidade de proporcionar uma aeração forçada por sopradores ou através de reviramento da leira, podendo ser ele mecânico ou manual. Esse processo de aeração deverá ser realizado durante toda a compostagem de três em três dias;
- *Temperatura:* o principal parâmetro indicador de eficiência do processo, a faixa ideal para se manter uma acelerada degradação e apropriada eliminação de patógenos é de 55°C a 65°C. Por conta das reações exotérmicas no interior da leira, a liberação de energia e aumento da temperatura é espontâneo, deve-se apenas controla-la utilizando os parâmetros supracitados com aeração e irrigação adequada;
- *Concentração de Nutrientes:* para aumentar a degradação dos microrganismos na degradação dos nutrientes é necessário a confecção de uma leira com matéria orgânica heterogênea proveniente de diversos resíduos orgânicos, sendo que é necessário possuir na leira determinadas concentrações de macro (N, P, K e etc.) e micronutrientes (Ca, Mn, Mg e etc.), porém dois nutrientes são de suma importância para efetividade do processo: Carbono e Nitrogênio, essa relação C/N é ideal para muitos autores entre 25:1 e 40:1, sendo o mais usual 35:1;
- *Granulometria:* o tamanho da partícula de resíduo orgânico que faz parte da composição da compostagem exerce grande influência, esses fragmentos devem situar em torno de 10 a 50mm. Essa granulometria aumenta a área de contato que facilita a degradação e cria espaços vazios na massa sólida o que provoca: menor compactação, maior capacidade de aeração, menor tempo de compostagem.
- *pH:* Alguns autores citam em seus trabalhos a influência do pH durante processo de compostagem como sendo o ideal ao microrganismos entre 6,5 e 8,0, mas os valores extremos a esses valores são regulados pelos microrganismos através degradação

do resíduo e liberação de subprodutos ácidos e básicos. Para o produto final estabilizado o pH deverá ser superior a 8,0, caracterizando assim um ótimo fertilizante orgânico para solos ácidos.

Figura 12: Condições ambientais ótimas para leira de compostagem.



Fonte: (PEREIRA NETO, 2007b).

3.4 ASPECTOS INOVADORES DA PNRS

3.4.1 Créditos de Logística Reversa

Com a PNRS em vigor, empresas nacionais e internacionais que produzem e comercializam seus produtos no país são obrigadas a realizar a logística reversa dos seus produtos usados ou avariados e incorporar esses resíduos a sua cadeia de produção, fazendo com que economize energia e matéria-prima, evitando assim um maior consumo dos recursos naturais.

É com a finalidade de utilizar essa ferramenta como remuneração dos serviços ambientais prestados por cooperativas de catadores, que a BV RIO (Bolsa Verde do Rio de Janeiro) promove o uso de mecanismos de mercado para facilitar o cumprimento de leis ambientais e apoiar a economia verde no Brasil. Atualmente no país existe 800.000 catadores de materiais recicláveis

atuando no recolhimento e triagem de resíduos sólidos urbanos, são encarregados com mais de 70% da coleta seletiva realizada no Brasil, e a criação de associações e cooperativas vem crescendo e se estruturando a cada ano por conta de incentivos financeiros como essa venda de créditos por realização da logística reversa dos resíduos (BVRIO, 2015).

Os CLR são comercializados através da plataforma da BVRIO na qual, os catadores através das cooperativas vendem os resíduos recicláveis e emitem uma NF-e, essa é repassada para a plataforma e que será vendida para as empresas que necessitam realizar a logística reversa e cumprir com suas obrigações perante a lei vigente. Esse comércio de CLR possui vantagens ambientais, sociais e econômicas (BVRIO, 2015):

Social: o mecanismo viabiliza o pagamento de centenas de milhões de reais por ano pelos serviços prestados pelos catadores (ou seja, de forma adicional à receita obtida com a venda dos materiais), de forma não assistencialista, propiciando uma efetiva de inclusão produtiva dos catadores em grande escala. Constitui ainda um incentivo à formalização das cooperativas de catadores, fomentando o desenvolvimento destas como agentes econômicos no setor de logística reversa.

Ambiental: sendo baseado na produtividade, e não em medidas assistencialistas, o sistema de créditos incentiva o aumento e diversificação da coleta e triagem de materiais recicláveis.

Econômico: é uma solução eficiente e de baixo custo para o consumidor. Mecanismos de mercado tendem a ser mais eficientes e baratos do que soluções centralizadas. Adicionalmente, não obstante a relevância dos valores agregados do sistema, o custo unitário dos créditos de logística reversa é baixo se comparado com outras alternativas.

3.4.2 Produção de Briquetes

Um dos grandes geradores de resíduos recicláveis no país é a silvicultura e seus processos de beneficiamento nas madeireiras, com o corte das toras (em forma de linhas, caibros, tábuas e ripas), os refugos (pedaços pequenos obtidos no corte de acordo com a bitola solicitada

pelo cliente) e a serragem, são fontes de matéria-prima para produção de briquetes (Figura 13), que, por definição, é um produto proveniente da compactação de resíduos orgânicos expostos a temperatura e pressão elevadas, sendo necessário em alguns casos a adição de aglutinantes para melhor adensamento e com a finalidade de produzir um combustível sólido de baixa densidade (INFOENER, 2009).

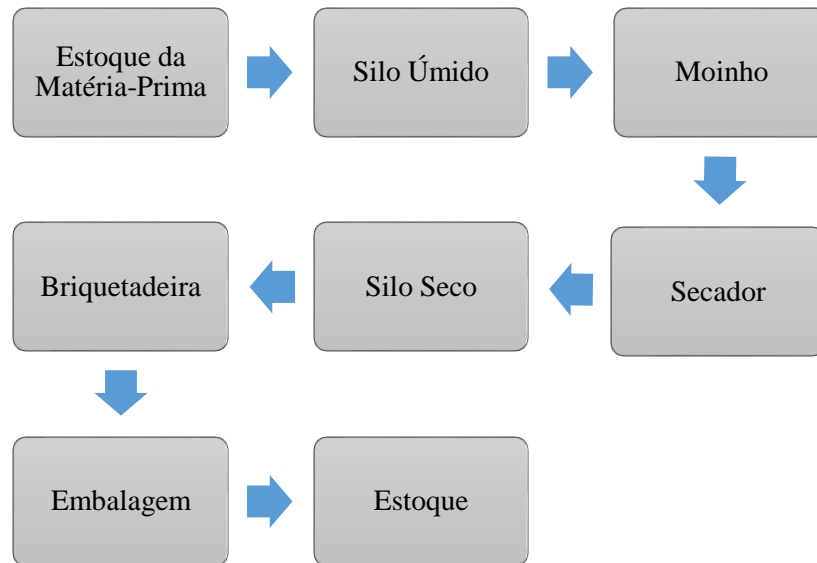
Figura 13: Estocagem de briquetes.



Fonte: (WOOD FIRST).

O briquete possui um alto poder calorífico por conta do seu material de formação que, além de ser uma alternativa energética renovável, esse poder calorífico é maximizado pelo fator de que ao se compactar a madeira, o seu poder de queima aumenta exponencialmente, podendo assim ser utilizado em fornos de olarias, pizzarias, padarias, caldeiras, entre outros fins que utilizam a madeira como fonte de calor para produção de seus bens. O processo de briquetagem possui uma cadeia de produção simples, requerendo apenas de um maquinário capaz de moer, secar e realizar a compactação do material (Figura 14) (PANCIERI, 2009).

Figura 14: Linha de produção das briquetes.



Fonte: Adaptado de (PANCIERI, 2009).

A partir do fluxograma apresentado na Figura 14, a fabricação do briquete envolve 7 (sete) etapas básicas:

- (a) **Estoque de Matéria-Prima:** a matéria oriunda dos fornecedores é recolhida e estocada no pátio da fábrica, estando disponível para a etapa posterior;
- (b) **Silo úmido:** equipamento responsável pela estocagem da matéria-prima ainda úmida, que será transportada para o moinho;
- (c) **Moinho:** é um triturador, utilizado para moer os pedaços de madeira maiores (refugos do beneficiamento da madeira) que são difíceis de serem separados da serragem no processo de coleta;
- (d) **Secador:** equipamento com caldeira que emite o calor necessário para a secagem da madeira, oferecendo condições básicas para a sua transformação em briquetes;
- (e) **Silo Seco:** equipamento responsável pela estocagem da serragem seca, que é transportada para a briquetadeira posteriormente;
- (f) **Briquetadeira:** equipamento de produção propriamente dita do briquete. A madeira é compactada a altas temperaturas, de forma que plastifique a lignina e transforme o pó em um cilindro homogêneo.

- (g) **Embalagem:** geralmente, os briquetes são embalados em sacos de ráfia, garantindo maior higiene no transporte e na estocagem do produto;
- (h) **Estoque de Produto:** última etapa do processo produtivo, onde os briquetes já embalados ficam estocados para depois serem transportados aos clientes (PANCIERI, 2009).

Ao comparar a utilização de briquetes ou lenha (Quadro 1) para produção de calor em fornos por diversos fatores, o briquete tem um melhor aproveitamento e vantagens, se tornando uma fonte de energia viável e ambientalmente correta para destinação de resíduos da silvicultura e madeireira.

Quadro 1: Comparação entre Briquetes e Lenha.

Classificação	Características em Análise	Briquete	Lenha
Características Físicas	Poder Calorífico	4.500 a 5.000 kcal/kg	1.700 a 2.500kcal/kg
	Umidade	8 a 15%	25 a 45%
	Regularidade Térmica	Boa	Comprometido devido a forma irregular
	Temperatura da Chama	Alta	Baixa
Transporte e Armazenagem	Manuseio	Fácil	Comprometido devido a forma irregular
	Armazenagem	Menor Espaço Necessário	Maior espaço necessário
Responsabilidade Ambiental	Desmatamento	Não é necessário	Necessário para retirar a lenha
	Higiene	Ambiente Limpo, sem vetores	Ambiente Sujo que atrai vetores
Comercialização	Licenças para Comercialização	Isento de licenças e pagamento de taxas	Necessidade licenças ambientais
	Unidade de Compra	Tonelada	Metro cúbico
	Embalagem	Padronizada	Não padronizada
	Custo/Benefício	Maior	Menor

Fonte: Adaptado de (PANCIERI, 2009).

4 DIAGNÓSTICO

A realização de uma análise na área de estudo foi de suma importância para se ter uma noção palpável do que se tem de resíduos e sua quantidade, para assim poder confeccionar um plano de gestão desses resíduos que se encontram amontoados, aterrados e compactados em três localidades dentro da área do *Campus Rural*.

4.1 ÁREA DE ESTUDO

O *Campus Rural* foi escolhido como área de estudo devido à ausência de práticas de coleta do lixo e acomodação inadequada dos resíduos gerados. Além de ser um local de geração de resíduos diversos do setor agrossilvopastoris, a fim de se conseguir uma maior eficiência ao aplicar esse plano e com resultados diretos. Por ser uma área federal de posse da Universidade Federal de Sergipe, essa gestão deve ser implantada o mais breve possível, pois se passou 18 anos da sua inauguração e providências nunca foram tomadas sobre essa questão.

4.1.1 Localização

A propriedade denominada *Campus Rural* da UFS, está situada na Estrada para Timbó, no limite do km 98 para o 99 na BR 101, S/N, pertencente ao município de São Cristóvão, Sergipe. Possui proximidade com o povoado Timbozinho, vizinhança com a barragem do Rio Poxim a oeste, bem como com o COPECAN - Complexo Penitenciário Dr. Manoel Carvalho Neto, ao sul, e ao norte, com o IFS – Instituto Federal de Pesquisa (Figura 15). Os locais em destaque nas colorações vermelho, azul e amarelo indica o local de atual disposição dos resíduos domésticos, antigo local de aterramento de resíduos e local de armazenamento de embalagens de agrotóxicos.

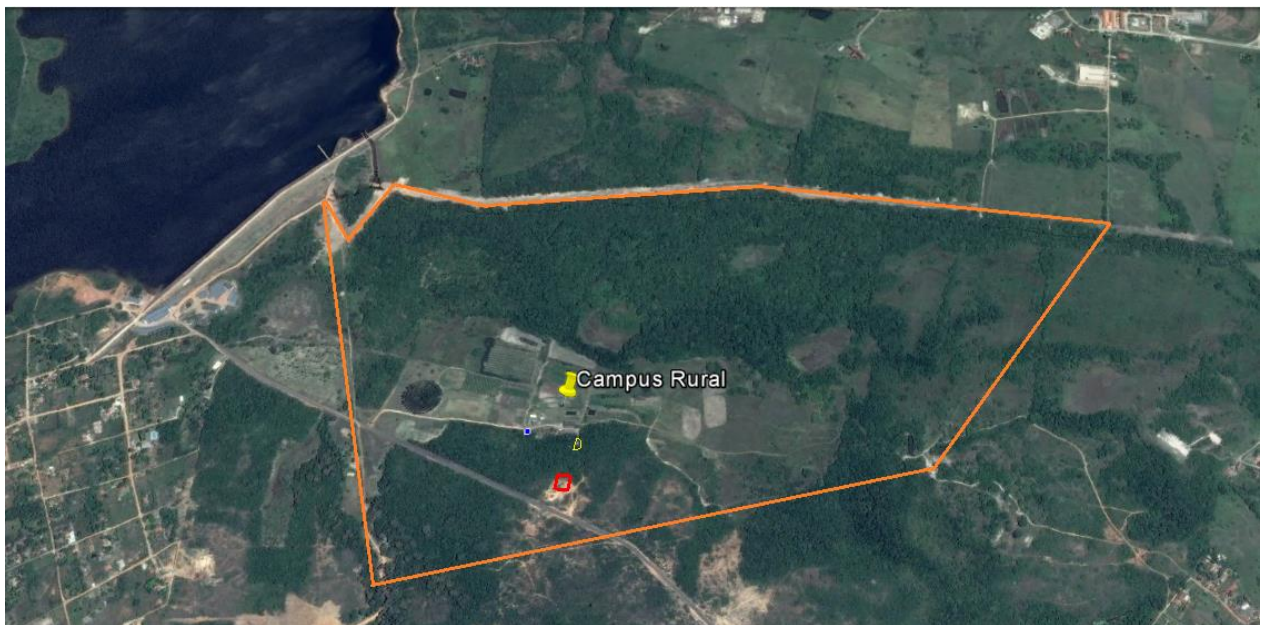
4.1.2 Descrição da Área

Possui uma área de aproximadamente 156 ha, na qual, cerca de 20% é utilizado por professores e pesquisadores do CCAA – Centro de Ciências Agrárias Aplicadas da UFS, para o

desenvolvimento de projetos de pesquisa em Engenharia Agrônômica, Zootecnia, Engenharia Agrícola.

No *Campus Rural* UFS possui, galpões, estufas, reservatórios escavados, residência para funcionários, plantações de diversas culturas e criação de alguns animais como, peixes, aves e mamíferos. Possui áreas abertas e alguns focos de Mata Atlântica preservada, e com o solo predominantemente argilo-arenoso.

Figura 15: Imagem aérea da localização do Campus Rural –UFS.



Fonte: (GOOGLE EARTH, 2016)

4.2 METODOLOGIA

Para a realização do trabalho foi necessária a utilização de alguns materiais, para que fosse possível pesar, separar e armazenar durante o processo de aplicação da técnica. Os materiais utilizados (Figura 16) foram:

- Balança BL300pro com tara de 200kg (a);
- Bobonas Plásticas de 200L (b);
- Lona Plástica de 25m² (c);
- Pá (d);

- Carrinho de mão (e).

Figura 16: Materiais utilizados no processo de triagem e pesagem dos resíduos.



4.2.1 Composição Gravimétrica dos Resíduos Sólidos

Na fase de diagnóstico foi realizada a caracterização dos resíduos através da composição gravimétrica, com a finalidade de obter de forma quali-quantitativa do material gerado pela população do *Campus Rural*. O procedimento consistiu em:

- Coleta de amostra representativa;
- Separação do material de acordo com suas classes e características físicas;
- Pesagem do material segregado;
- Cálculo da porcentagem de resíduos por classe.

É importante salientar que o método gravimétrico aplicado não contou com a etapa de quarteamento da amostra pois a quantidade diária de resíduos gerada pela população do *Campus*

não era grande suficiente para justificar a redução da amostra pela referida técnica. O manual da CETESB orienta que para amostras inferiores a 1.500 kg que seja utilizado integralmente a massa da amostra para avaliação gravimétrica (CETESB, 2003).

A coleta da amostra representativa de resíduo foi realizada no local que serve atualmente como lixão, tendo o cuidado de amostrar somente o material mais recente possível, coletando amostras da parte mais superior da pilha de lixo de forma a ter uma quantidade representativa do total. A amostra representativa a qual foi triada, separando-se os componentes por classes e características físicas (Matéria Orgânica, Papel/Papelão, Plástico, Madeira, Vidro, Metal, Panos/Couros e Trapos, Resíduos Perigosos e Outros) (Figura 17). A parcela “Outros” compreende os materiais que não se encaixam em nenhuma outra classe anterior ou que em sua composição física possuía mais de um material inseparáveis.

Figura 17: Triagem do material durante o processo de análise gravimétrica.



Após a triagem da amostra, foi medida a massa de cada classe de material separadamente e, para a obtenção da composição gravimétrica, foi realizado o cálculo através da Equação 1, a qual leva em consideração a divisão entre a massa de cada fração de resíduo separado e a massa total da amostra.

$$Pecentual\ de\ cada\ tipo\ de\ resíduo(\%) = \frac{massa\ de\ cada\ fração\ (kg)}{massa\ total\ da\ amostra\ (kg)} \times 100 \quad (1)$$

4.2.2 Geração per capita

Na etapa posterior, foi estimada a produção de lixo per capita no *Campus Rural*, utilizando-se a Equação 2, coletando-se separadamente a produção diária (dia útil) e medindo-se a massa. A população produtora de resíduos é composta por:

- 6 Funcionários do *Campus Rural* (2 Técnicos Agrícolas e 4 Engenheiros Agrícolas);
- 6 Terceirizados (1 Tratorista e 5 Jardineiros);
- 6 Bolsistas PRODAP;
- 2 Seguranças.

Entretanto, existe uma população flutuante de 6 pesquisadores que não pertencem a nenhuma das quatro categorias citadas anteriormente, mas que frequentam o *Campus* em dias diferentes, causando assim uma variação no cálculo da geração per capita por conta da sazonalidade.

$$q\ (kg/hab.\ dia) = \frac{massa\ de\ resíduo\ coletada\ em\ um\ dia(kg)}{n^o\ de\ habitantes\ geradores\ do\ resíduo\ em\ um\ dia} \quad (2)$$

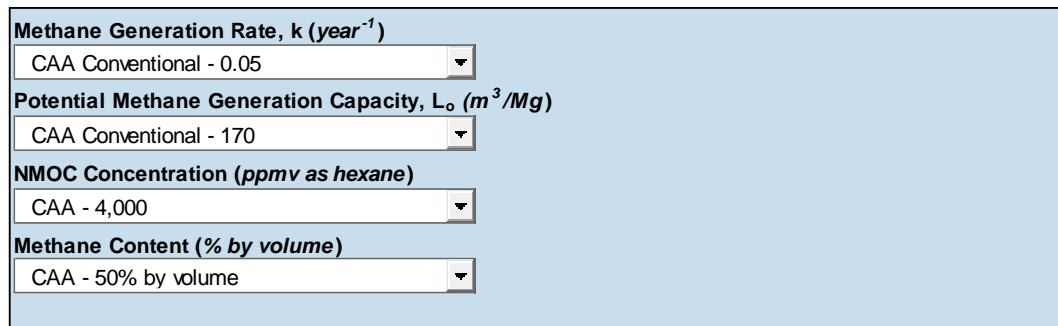
4.2.3 Potencial de Geração de Dióxido de Carbono (CO₂) e Gás Metano (CH₄)

A estimativa do potencial de geração de CO₂ e CH₄ a partir do lixo é mais um parâmetro a ser analisado em prol da melhoria da gestão de resíduos do *Campus Rural*. Esse cálculo foi realizado através do software *LandGEM Landfill Gas Emissions Model, versão 3.02*, elaborado pela Agência de Proteção Ambiental Americana (EPA do Inglês). Esse *software* é capaz de estimar a quantidade do gás metano além de outros poluentes, produzidos pela decomposição da matéria orgânica do lixo durante o período de tempo em que ela ficou acumulada em solo, bastando apenas

fornecer dados como quantidade de habitantes, tempo de armazenamento, quantidade de lixo gerada e escolher opções fornecidas pelo programa como a constante de decomposição do gás.

O *LandGEM* é baseado em uma cinética de decomposição de primeira ordem para quantificar as emissões da decomposição dos resíduos depositados em aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos (RSU). As constantes utilizadas no *LandGEM* (Figura 18) são baseadas em dados empíricos dos aterros sanitários dos EUA, porém serve como meio de se estimar os impactos locais desse estudo (EPA, 2005).

Figura 18: Parâmetros utilizadas no software para o cálculo da geração de CO₂ e CH₄.



The image shows a screenshot of the LandGEM software interface. It contains four input fields, each with a dropdown menu. The first field is labeled 'Methane Generation Rate, k (year⁻¹)' and has 'CAA Conventional - 0.05' selected. The second field is labeled 'Potential Methane Generation Capacity, L₀ (m³/Mg)' and has 'CAA Conventional - 170' selected. The third field is labeled 'NMOC Concentration (ppmv as hexane)' and has 'CAA - 4,000' selected. The fourth field is labeled 'Methane Content (% by volume)' and has 'CAA - 50% by volume' selected.

Fonte: EPA, 2005.

Os dados de entrada que são necessários para que o *software* realize os cálculos estão listados abaixo:

- População: 20 habitantes;
- Tempo de acúmulo de resíduos: 3 anos;
- Geração per capita: 0,695 kg/hab.dia. (Valor calculado nesse estudo)

A seguir será feito uma avaliação do *Campus Rural* e a comunidade próxima com o intuito de apontar sua associação e as características que possuem e como gerenciam os resíduos sólidos.

4.3 MEMORIAL DESCRITIVO E FOTOGRÁFICO

Com o intuito de organizar e direcionar os resíduos sólidos adequadamente foi utilizada a PNRS de forma orientativa aliada ao conhecimento dos pesquisadores deste trabalho sugerindo medidas mitigadoras.

O *Campus* Rural UFS possui 17 anos e deu suporte a pesquisas, aulas e outras atividades antrópicas inerentes ao meio rural. Tais atividades geram resíduos sólidos de diversas naturezas, os quais não foram coletados pela prefeitura de São Cristóvão, cidade essa que o *Campus* Rural UFS está localizado, nem pela Universidade. A coleta de resíduos sólidos nessa região deveria ser realizada pelo Município, não só por conta das dependências da universidade, mas pela existência de uma comunidade denominada Timbozinho instalada às margens da barragem do Rio Poxim, com aproximadamente 600 moradores. A prática comum nessa localidade é enterrar os resíduos nas suas propriedades ou queimá-los (Figuras 19 e 20) ou lançar os resíduos na barragem ou em suas margens, contaminando a água que será consumida por Aracaju e cidades circunvizinhas (Figuras 21 e 22).

Figura 19: Lixo depositado em terrenos próximo as casas da comunidade vizinho ao *Campus* Rural.



Figura 20: Local utilizado pelos moradores vizinhos ao *Campus Rural* para acumular resíduos e queimá-los.



Figura 21: Resíduos acumulados às margens da barragem do Rio Poxim.



Figura 22: Lixo submerso que reaparece quando a barragem está esvaziando.



Em relação à destinação final dos resíduos sólidos gerados pelo *Campus Rural*, inicialmente, era realizada de forma errônea e assim continua, tendo mudado apenas a forma e o local como indicado na Figura 23. Os RS eram enterrados em uma área dentro da propriedade, a qual, no momento, está desativada, mas que foi encontrada após escavações na localidade para enterrar a cama do aviário, onde são produzidas codornas de postura, como pode ser visto na Figura 23. É perceptível diversos resíduos de procedências diferentes misturados ao solo do terreno, com volume de resíduo desconhecido, o que se configura em um passivo ambiental.

Durante alguns dias, na fase inicial do trabalho, foram observados, identificados e registrados pontos de descarte ou armazenamento de resíduos perigosos e não-perigosos em três localidades do *Campus Rural-UFS*. Essas áreas foram fotografadas, gerando o presente memorial, que serviu como ponto de partida para a proposta de mudança na gestão ambiental do *Campus*. As Figuras 24 a 28 expõem todas as áreas não conformes encontradas, que serão contempladas na proposta de gestão dos resíduos sólidos do *Campus Rural – UFS*.

Figura 23: Área destinada à disposição final dos resíduos sólidos do *Campus Rural UFS* entre 1999 e 2012



Figura 24: Embalagens de Agrotóxicos acumuladas no Campus Rural – UFS sem destinação final adequada.



Figura 25: Remanescente de agrotóxicos e óleo lubrificante acumulados no Campus Rural – UFS sem destinação final adequada.



Figura 26: Resíduos provenientes do uso diário no *Campus Rural* e acumulados sem nenhuma proteção contra intempéries.



Figura 27: Tubulações, mangueiras e mangotes para irrigação avariadas ou com vida útil ultrapassada, armazenadas sob a influência de intempéries.



Figura 28: Local atual no qual são destinados os resíduos sólidos do Campus Rural – UFS, (a) vista frontal de leste-oeste; (b) vista frontal oeste-leste.





4.4 INVENTÁRIO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

Com a finalidade de melhorar a gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos, é necessário ter ciência do que é produzido pela população e a quantidade que é produzida, para que, a partir desses dados, seja feito o dimensionamento adequado dos equipamentos para o gerenciamento: caminhões para realizar a coleta, frequência de coleta, lixeiras e contêineres coletores de lixo para o local, além de uma possível unidade de tratamento que poderá ser implantada.

A forma atual de disposição dos RS que se iniciou em meados de 2012 consiste basicamente em lançá-los no solo sem nenhum tratamento, impermeabilização ou cobertura, formando assim um lixão, que foi criado dentro das dependências do referido *Campus* da Universidade Federal de Sergipe próximo a uma mata de vegetação nativa, dentro da propriedade. É possível encontrar todo tipo de material nesse local, desde peças quebradas de implementos agrícolas, seringas, mangotes de sucção de água, até matéria orgânica em estado de decomposição, recipientes, embalagens, entre outros componentes típicos de RSU, gerando um atrativo de vetores que poderão acometer a população frequentadora do *Campus* Rural e moradores adjacentes com

doenças, tudo isso somado aos resíduos dispostos pela comunidade no acostamento da estrada (Figura 29) que é rota para chegar ao *Campus* Rural, à barragem e à comunidade, no terreno de propriedade da Universidade. A área de acomodação dos resíduos dentro do *Campus* é afastada do pavilhão da área administrativa, porém não é a única. Embalagens de agrotóxicos vazias e/ou com material fora da validade são dispostos dentro da mata próximo ao Lixão. No local também são guardadas mangueiras e tubulações de irrigação que não têm mais utilidade, além de móveis, eletrodomésticos equipamentos e utensílios agrícolas, como balanças, carrinhos de mão e bombas manuais de aplicação de agrotóxicos.

Figura 29: RS disposto por moradores no acostamento da estrada que é itinerário para chegar ao *Campus* Rural, à barragem e à comunidade Timbozinho.



4.4.1 Resultados

a. Composição Gravimétrica dos Resíduos Sólidos

Posteriormente à aplicação da técnica de triagem, pesagem e cálculo das porcentagens de cada componente, foram identificados os resultados de cada classe de resíduos que estão apresentados na Tabela 11.

Tabela 11: Composição gravimétrica dos resíduos sólidos do *Campus Rural* e comparativo com o Brasil.

Tipo de Resíduo	Massa (kg)	Análise Gravimétrica (%)	Análise Gravimétrica Brasil (%)
Matéria Orgânica	50,4	39,9	51,4
Papel/Papelão	8,2	6,4	13,1
Plástico	34,0	26,9	13,5
Madeira	5,3	4,2	-
Vidro	2,2	1,7	2,4
Metal	4,7	3,7	5,8
Outros	17,6	13,9	16,7
Resíduos Perigosos	1,9	1,5	-
Panos, Couros e Trapos	4,1	3,2	-
Total	126,5	100,0	100,0

Fonte: (IBGE, 2010)

As porcentagens encontradas na análise gravimétrica do *Campus Rural* possui uma diferença em relação ao encontrado no Brasil, isso é possível pois é uma área rural e acadêmica, e o no índice nacional é calculado com base a geração urbana de resíduos. Essas porcentagens variam de região para região por sofrer influência da cultura com o consumo de alimentos e bebidas específicos, da economia em relação a quantidade de produção diária de resíduos, do clima com a utilização de certos produtos em determinadas épocas do ano, produzindo assim resíduos diferentes no decorrer do ano, entre outros fatores que induzem a população a utilizar bens de consumo que estão disponíveis, a depender das condições citadas

A matéria orgânica (MO) apresentou um valor abaixo do normal por uma razão simples: a MO sofre decomposição mais rápido que os outros materiais e por conta dos resíduos estarem armazenados há muito tempo, a mesma foi certamente deteriorada, diminuindo assim a sua contribuição para a massa de resíduo total, comprometendo a análise por não ser um lixo 100% fresco, entretanto foi tomado o cuidado de se coletar o mais superficial possível, mas é perceptível que a MO é a classe de resíduo em maior abundância, atribuída ao consumo de alimentos pela população do *Campus*.

Em seguida, vem o plástico como segundo maior componente, contemplando as embalagens de alimentos, embalagens de produtos agrícolas, tubulações entre outros materiais encontrados. A parcela “outros” é um destaque por ser composta de materiais que não puderam ser separados, sendo a maior parte uma combinação de plástico e papel, que são os materiais mais utilizados pela população local.

Papel, vidro, metal, madeira e panos/ couros e trapos Figuram dentro da normalidade e não merecem nenhum destaque especial. Os resíduos perigosos aparecem com a menor porcentagem, contemplando: latas de tintas, frascos tipo spray, lâmpadas fluorescentes, além de um passivo ambiental associado às embalagens de agrotóxico, contempladas de modo mais detalhado em outro trabalho mais específico, que também subsidiará o Plano de Gestão Ambiental do *Campus Rural*, juntamente com o presente trabalho.

Os resíduos provenientes do *Campus Rural* da UFS, podem ser relacionados em duas categorias da classificação da PNRS. Resíduos Domiciliares, por conta dos trabalhadores do *Campus* que ali residem além de alunos, técnicos, seguranças e professores que por hora, se alimentam no local, além da varrição do galpão onde se encontra banheiros, secretaria, sala de ferramentas e alojamento. A outra categoria, não menos importante são os Resíduos Agrossilvopastoris, oriundos das práticas adotadas por pesquisadores, alunos, e todos que utilizam agrotóxicos, insumos veterinários, fertilizantes, materiais de irrigação, além de poda e manutenção das lavouras.

Um dos resíduos de maior problema no *Campus Rural*, são os agrotóxicos e seus recipientes, por conta da sua periculosidade e que estão armazenados em um local inadequado, sendo que, os mesmos são citados no artigo 33 da PNRS, como parte obrigatória da logística reversa. Onde os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de agrotóxicos, seus resíduos e embalagens, assim como outros produtos cuja embalagem, após o uso, constitua resíduo perigoso, observadas as regras de gerenciamento de resíduos perigosos previstas em lei ou regulamento, em normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama, do SNVS e do Suasa ou em normas técnicas, são obrigados a estruturar e implementar sistemas de logística reversa, mediante retorno dos produtos após o uso pelo consumidor, de forma independente do serviço público de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, e os consumidores deverão efetuar a devolução

após o uso, aos comerciantes ou distribuidores, dos produtos e das embalagens objeto de logística reversa (BRASIL, 2010).

b. Geração per capita

O cálculo da geração per capita foi realizado levando em conta a flutuação sazonal de 6 pessoas e gerou os resultados da Tabela 12, que serão utilizados no cálculo da geração de gás metano (CH_4).

Tabela 12: Geração per capita da população do Campus Rural.

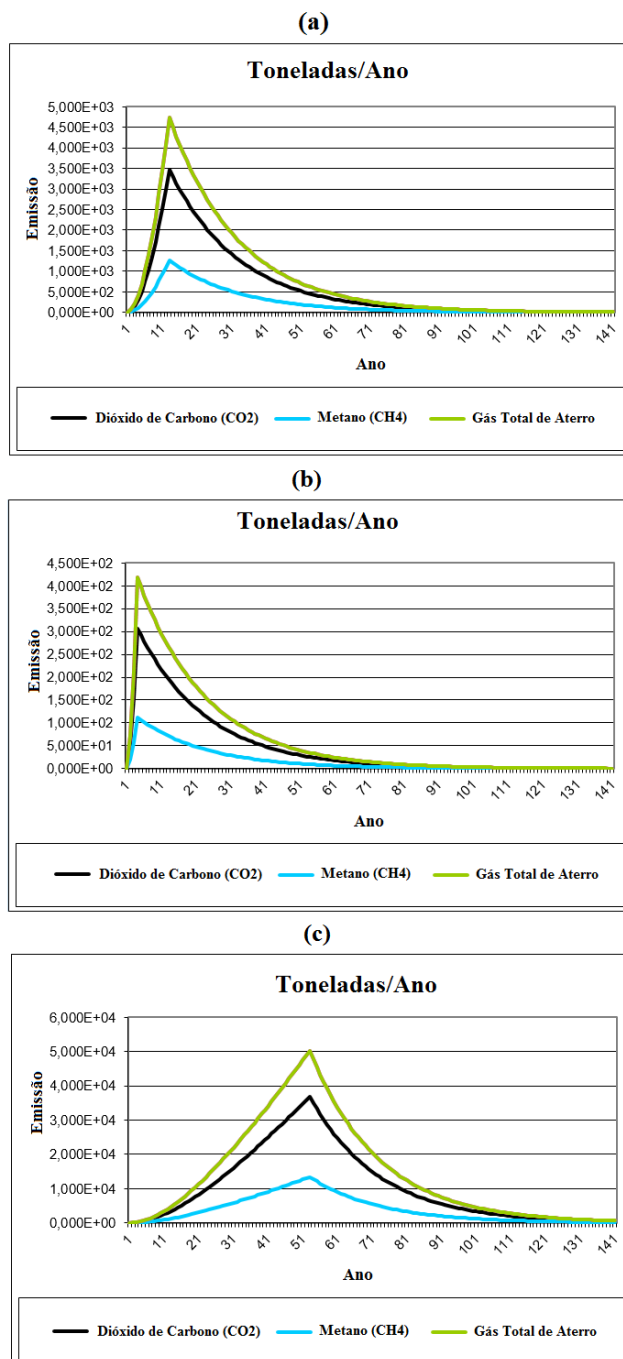
População (hab.)	Geração per capita (kg/hab.dia)
20	0,695
26	0,535

Esse valor possui uma distância considerável em relação a geração per capita nacional que é de 0,963 kg/hab.dia, pelos mesmos motivos e fatores que influenciam na composição gravimétrica e provocam variação na geração per capita, por tratar basicamente do consumo de produtos e geração de resíduos.

c. Potencial de Geração de Dióxido de Carbono (CO_2) e Gás Metano (CH_4)

A utilização do *software Landfill LandGEM* teve como resultado a estimativa do potencial de geração de CO_2 e CH_4 no local que é depositado o lixo produzido pela população do *Campus Rural*, bem como no local onde se aterrava os resíduos sólidos e uma hipótese de 50 anos com acúmulo sem nenhum tratamento como é realizado atualmente (Figura 30). Note-se que a abcissa considera como ano “zero” a data da simulação. Por ser gases de efeito estufa, o CO_2 e o CH_4 devem ser controlados a sua emissão, principalmente o CH_4 por ter uma ação mais poluente e prejudicial.

Figura 30: Potencial de geração de Dióxido de Carbono (CO_2) e Metano (CH_4) na massa de resíduos acumulado no Campus Rural. (a) Local de aterramento de resíduos de 1999-2012; (b) Local de destinação atual dos resíduos de 2012-2016; (c) Estimativa de 50 anos no local de disposição atual dos resíduos



No primeiro gráfico da Figura 30 nota-se uma produção de 3,5 mil toneladas de CO₂ e aproximadamente 1,3 mil toneladas de CH₄, quantidades imensas de gases poluidores sendo emanados no solo, dentro de uma parcela da Mata Atlântica e sem nenhum sistema de coleta e tratamento desses gases.

O segundo gráfico da mesma figura supracitada, no terceiro ano de acúmulo de lixo é provável que se tenha produzido 4 toneladas de gases, sendo que aproximadamente 3 toneladas é CO₂ e 1 tonelada seja de CH₄, porém esses valores são mais representativos caso o resíduo estivesse confinado em forma de aterro, porém serve como estimativa de potencial de impacto.

Ao estimar um acúmulo de 50 anos com os mesmo hábitos atuais de disposição sobre o solo, o potencial de geração desses gases chega ao número de 50 mil toneladas de gases podendo ser produzidos dentro de um *Campus* universitário federal.

De posse desses resultados, fica evidente a necessidade de se implantar as propostas de gestão de resíduos sólidos, em relação a limpeza do local com a retirada de todo o lixo e do solo que está em contato com o mesmo. Transportando todo esse material para o aterro sanitário mais próximo, localizado em Rosário do Catete-SE.

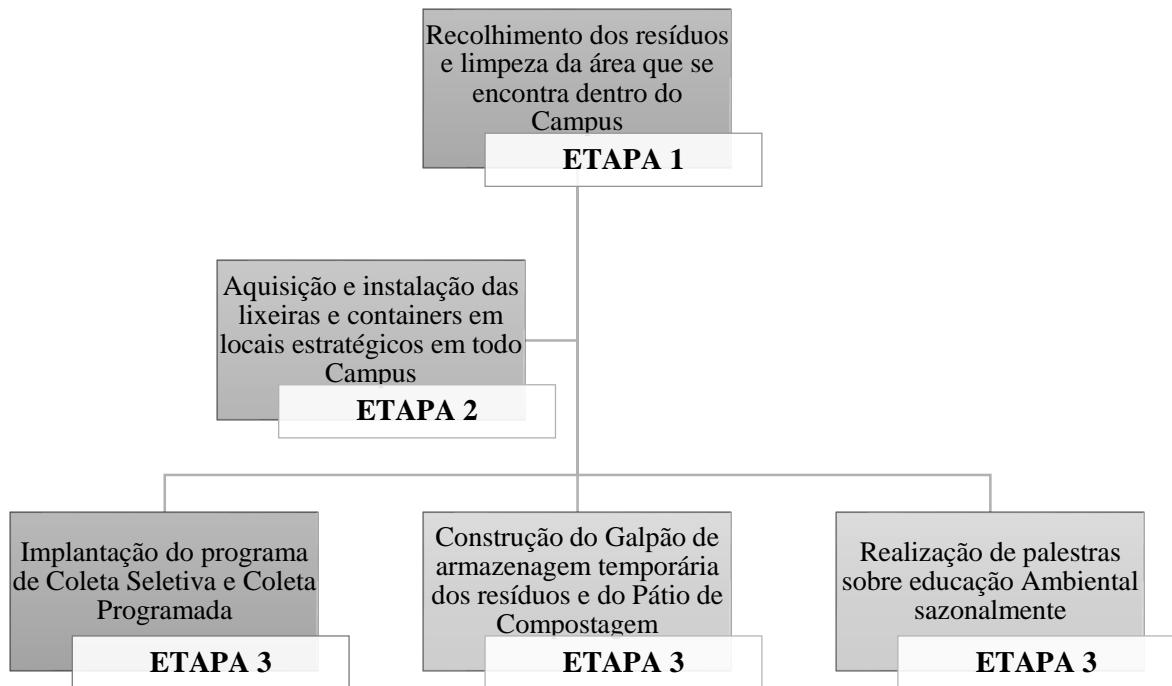
5 PROPOSTA DO PLANO DE GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

Com a realização do diagnóstico quali-quantitativo da área de estudo, nota-se a necessidade de se tomar providências em relação a mudanças físicas no *Campus Rural* e na sua gestão dos resíduos sólidos. O presente documento apresenta algumas propostas de mudança, seguidas de um diagrama (Figura 31):

- Retirada dos resíduos acumulados e limpeza da área identificada do *Campus Rural*, dando-lhe uma destinação final correta (Aterro Sanitário);
- Aquisição de lixeiras estacionárias basculáveis coloridas e confecção de suas respectivas identificações para que possam ser dispostas em pontos estratégicos do *Campus*, entre as plantações e galpões, para facilitar a coleta dos resíduos em todo *Campus*;
- Instalar contêineres do tipo basculante estacionário ao lado do galpão de resíduos ou em um local propício à coleta com caminhão apropriado para tal finalidade;
- Implantação de um programa de coleta seletiva, onde as frações recicláveis serão direcionados para cooperativas de recicladores e a parte orgânica encaminhada para um pátio de compostagem no próprio *Campus Rural*;
- Em parceria com representantes da comunidade do seu entorno, cobrar do município de São Cristóvão a coleta programada dos resíduos sólidos do *Campus Rural* e da comunidade;
- Construção de um pátio de compostagem que terá a função de receber os resíduos orgânicos gerados pela população do *Campus Rural*. O composto proveniente desse processo será utilizado na horta comunitária que está em fase de implantação, além de servir como objeto de estudos para estudantes da UFS;
- Construção de um galpão para armazenar temporariamente os resíduos secos recicláveis e de logística reversa, sendo esse dividido em baias para cada tipo de resíduo, sendo uma dessas baias projetada para resíduos de embalagens de agrotóxicos com ventilação e segregada das demais;
- Realização periódica de palestras de educação ambiental para a população acadêmica do *Campus Rural* bem como para os moradores da comunidade Timbozinho, em parceria com o Departamento de Engenharia Ambiental e/ou

Programa UFS Ambiental, com a finalidade de demonstrar a importância de se ter uma gestão de resíduos sólidos e também para realizar uma atualização de informações quanto ao projeto de coleta seletiva e a produção do composto orgânico;

Figura 31: Diagrama de atividades



5.1.Lixeiras padronizadas e contêineres

As lixeiras que deverão ser adquiridas pela UFS para serem instaladas em todo o *Campus* devem ser do tipo estacionárias e basculantes (Figura 32) com capacidade para 60 L cada, para que facilite a coleta e o transporte das mesmas, assim como as lixeiras que serão instaladas por todo o *Campus*, containers também deverão ser adquiridos pela Universidade, para que todo o lixo do *Campus* seja armazenado temporariamente, com um volume de armazenamento de até 1000 L (Figura 33). O *Campus* rural possui uma população de 20 habitantes, produzindo 3 L/(pessoa.dia) de resíduos. Com a utilização desse contêiner, a coleta poderia ser realizada a cada 17 dias, aproximadamente (vide cálculo no Apêndice), mas, por conta da putrefação ocasionada pelo acúmulo de lixo, será necessário realizar a coleta ao menos uma vez por semana. Ressalta-se que,

se as lixeiras forem de plástico, as mesmas devem ser instaladas ao abrigo do sol, pois a radiação ultravioleta (UV) deforma o material, sendo maior prejuízo para as tampas que não fecham corretamente, perdendo a sua função de isolar de vetores e umidade.

Figura 32: Modelo de lixeiras a serem instaladas no Campus Rural – UFS.



Fonte: (MILLENIUNS).

5.2. Galpão de apoio

O galpão proposto a ser construído poderá ser instalado ao lado dos galpões já existentes (Figuras 34a e 34b). Esse galpão terá uma área de aproximadamente 60 m² (Anexo A) e planta 3D (Figura 35), tem como finalidade armazenar tanto resíduos quanto móveis e equipamentos deteriorados pelo tempo de uso, além de utensílios agrícolas como tubulações de irrigação e gaiolas para mamíferos e aves de pequeno porte, que são usadas periodicamente e que são amontoados em locais inadequados, por não possuir um espaço para os mesmos, além de equipamentos como balanças e misturador de ração, gerando assim mais resíduos por se tornarem inservíveis pelo seu mal acondicionamento e armazenagem incorreta. Esse galpão também possuirá um local para depositar as embalagens de agrotóxicos durante o seu preparo, utilização e após o uso, para serem acumulados e retornados via programa de logística reversa, por ser uma construção

não onerosa, pois não requer complexidade como exaustores, bastando apenas de paredes de alvenaria e telhas corrugadas, o mesmo modelo dos já existente.

Figura 33: Modelo de container a ser instalada no Campus Rural – UFS.



Fonte: (REIS LIXEIRAS).

5.3. Pátio de compostagem

Um pátio de compostagem com área de aproximadamente 250 m² (Planta baixa vide Anexo B), (cálculo do dimensionamento do pátio vide Anexo C) e planta 3D (Figura 36) também foi proposto, com uma seção descoberta e pavimentada para que sirva de local para montagem das leiras e/ou pilhas, e outra seção coberta para armazenar o composto produzido, bem como ferramentas que serão utilizadas no processo e os resíduos orgânicos que serão acumulados para serem incorporados às leiras e/ou pilhas.

Figura 34: Locais propostos a ser construído o galpão de armazenamento de resíduos e utensílios agrícolas. (a) Lado Direito do galpão de fertilizantes; (b) Lado Esquerdo do galpão de fertilizantes.



Figura 35: Planta 3D do Galpão de apoio

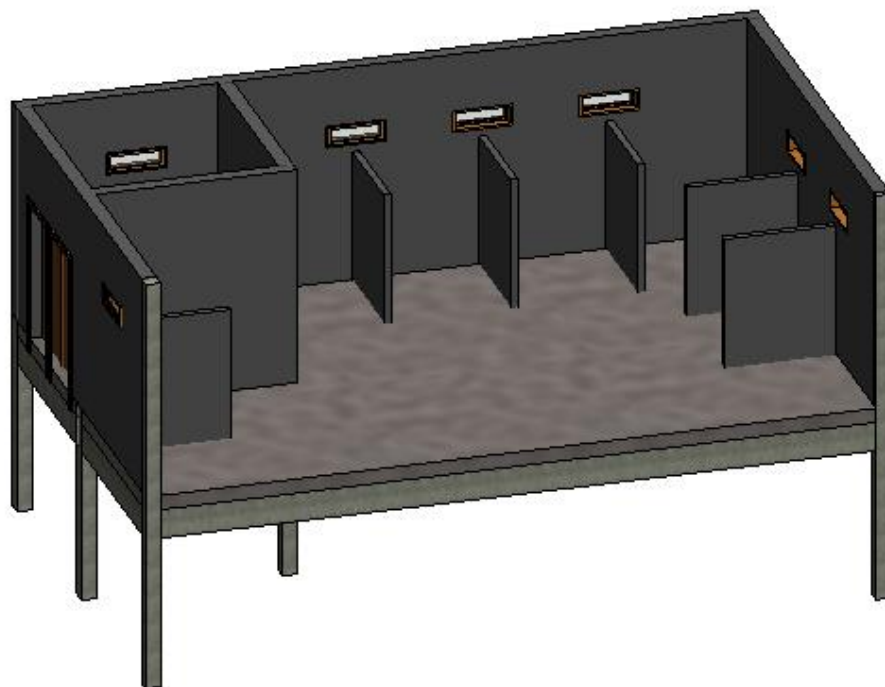
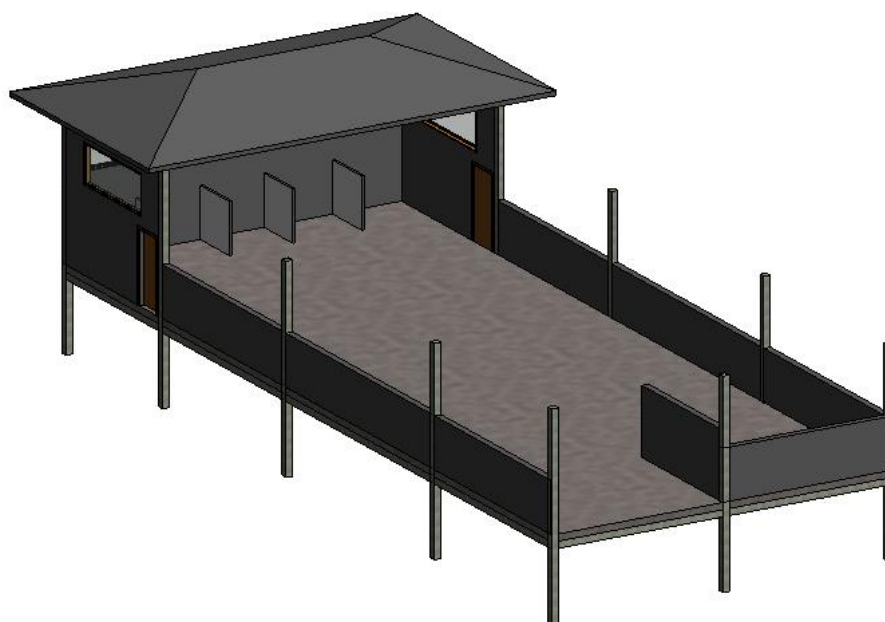


Figura 36: Planta 3D do Pátio de Compostagem



6 CONCLUSÃO

O cenário encontrado no *Campus Rural* é mais um exemplo da problemática existente no país relacionada à carência de gestão ambiental. Nesse contexto se insere o gerenciamento de resíduos sólidos que, após o ano de 2010, com a PNRS, ganhou mais importância e culminou com a obrigatoriedade de as municipalidades implantarem seus planos municipais integrados de resíduos sólidos, contemplando gestão e gerenciamento, além dos aspectos políticos, econômicos, participação social, entre outras aspectos constantes na Lei Federal nº 12.305/2010.

Este trabalho teve como finalidade elencar os possíveis resíduos agrossilvopastoris que são produzidos sem um controle adequado e com um processo de descarte final inadequado, em especial os resíduos sólidos de natureza doméstica encontrados na área de estudo, mesclados com outros tipos resíduos, além dos resíduos perigosos que necessitam de um gerenciamento apropriado.

Esta pesquisa revelou os problemas e propôs alternativas de mudanças que servirão de auxílio à Diretoria do Campus Rural da Universidade Federal de Sergipe na gestão e no gerenciamento dos resíduos sólidos gerados nas suas dependências, contemplando a comunidade circunvizinha do *Campus*, demonstrando responsabilidade socioambiental. O presente documento subsidiará a elaboração de um Sistema de Gestão Ambiental que contemplará outros documentos, a saber: Análise de Risco, Gestão de Resíduos de Agrotóxicos e suas Embalagens Vazias, Gestão de Águas Pluviais, de suma importância para o futuro da gestão ambiental do *Campus Rural*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **ABICOM – Associação Brasileira de Polímeros Biodegradáveis e Compostáveis.** Disponível em: <<http://www.abicom.org.br/#!biodegradaveis-e-compostveis/cceg>> Acesso em: Julho 2016.
2. **ABRELPE – Associação Brasileira de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil.** São Paulo, 2014.
3. **ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 10004 – Resíduos Sólidos - Classificação,** Rio de Janeiro, 2004.
4. _____. **ABNT NBR 13591 - Compostagem,** Rio de Janeiro, 1996.
5. _____. **ABNT NBR 13896 – Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação,** Rio de Janeiro, 1997.
6. _____. **ABNT NBR 8419 - Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos,** Rio de Janeiro, 1992.
7. **BIOPLASTIC MAGAZINE, World's first biocomposite bridge installed in Eindhoven,** 2016 Disponível em: <<http://www.bioplasticsmagazine.com/bioplasticsmagazineAssets/img/magazine/news/ABA-Seedling.jpg>>. Acesso em: Setembro de 2016.
8. **BOTEON, M.; MARTINI, R.; COSTA, C. D. Gestão do lixo: um estudo sobre as possibilidades de reaproveitamento do lixo de propriedades hortícolas. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL,** 44. 2006 Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/5/1026.pdf>>. Acesso em: agosto. 2016.
9. **BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil.** Brasília: Congresso Nacional, 1988.
10. **BRASIL. Lei nº 12.305 de 2 de Agosto de 2010.** Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 03 de agosto de 2010, Seção 1. pt. 1.
11. **BVRIO – Bolsa Verde do Rio de Janeiro.** Disponível em: <<http://bvrio.org/setores/residuos-solidos/embalagens/>>. Acesso em: Outubro de 2016.

12. BEHANCE, **Bagpack Embalagens - Embalagens Industriais**, 2015 Disponível em: <https://mir-s3-cdn-cf.behance.net/project_modules/disp/1bdd2947340559.5607ffc618ce3.JPG>. Acesso em: Setembro de 2016.
13. COASA, **Tríplice Lavagem de Embalagens de Agrotóxicos**, 2015 Disponível em: <http://www.coasars.com.br/imagens_noticia/galeria/1353067420-triplice-lavagem-de-embalagens-de-agrotoxicos.jpg>. Acesso em: Setembro de 2016.
14. COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. **Caracterização Gravimétrica e Físico-Química dos Resíduos Sólidos Domiciliares do Município de São Paulo**. São Paulo, 2003.
15. COMETTI, José Luís Said. **Logística reversa das embalagens de agrotóxicos no brasil: um caminho sustentável?** Dissertação de Mestrado, UNB. Brasília, 2009. 159 p. : il.
16. CONSELHO REGIONAL DE ENGENHARIA E AGRONOMIA DO PARANÁ – CREA/PR. **Guia para Elaboração de Projetos de Aterros Sanitários para Resíduos Sólidos Urbano**. Vol. 1. Paraná, 2009.
17. COOPERCITRUS – Cooperativa de Produtores Rurais, Fertilizantes de eficiência aumentada, 2014. Disponível em: <http://www.coopercitrus.com.br/images/acoopercitrus/comercial_insumos/fertilizantes1.JPG>. Acesso em: Outubro de 2016.
18. EBNER, Jacqueline H., LABATUT, Rodrigo A., LODGE, Jeffrey S., WILLIAMSON, Anahita A., TRABOLD, Thomas A. **Anaerobic co-digestion of commercial food waste and dairy manure: Characterizing biochemical parameters and synergistic effects**. New York, p. 286–294, 2016.
19. EPA - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2005 Disponível em: <<https://www3.epa.gov/ttnecat1/dir1/landgem-v302-guide.pdf>>. Acesso em: Setembro 2016.
20. GLOBAL CERTIFICATION, **JBPA Approval or GreenPla certification**. Disponível em: <http://www.global-cert.org/service_info.aspx?newscateId= 9&NewsId=76>. Acesso em: Agosto de 2016.
21. GOVERNO DO ESTADO DE RONDÔNIA, **Aterros sanitários serão instalados em Ji-Paraná e Cacoal atendendo 29 municípios**, 2014. Disponível em: <<http://data.portal.sistemas.ro.gov.br/2014/04/esquema-de-um-aterro.jpg>>. Acesso em: Outubro de 2016.

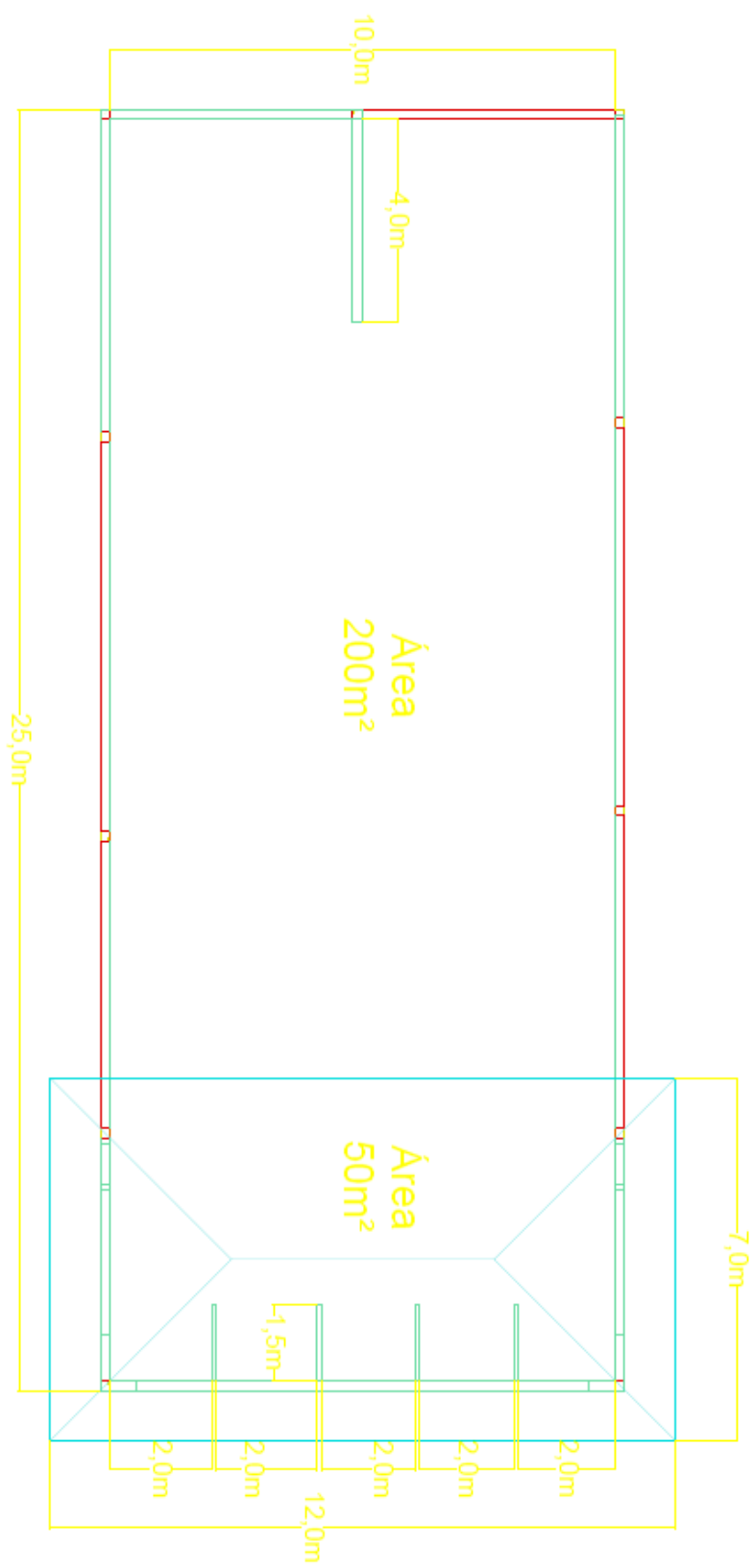
22. HAUG, R. T. **The practical handbook of compost engineering**. Boca Raton: Lewis Publishers, 1993.
23. IBAM – INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL. **Gestão integrada de resíduos sólidos**: manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro: Ibam, 2001. Disponível em: <<http://www.resol.com.br/cartilha4/manual.pdf>>. Acesso em: jul. 2016.
24. IMHOFF, Daniel. **CAFO – The Tragedy of Industrial Animal Factories, 2010**. Disponível em: <<http://www.cafothebook.org/>>. Acesso em: Setembro 2016.
25. INÁCIO, C. T.; MOMSEN M., P. R. **Compostagem: Ciência e Prática para gestão de resíduos orgânicos**. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2009.
26. INFOENER, BRIQUETES NO BRASIL. **Aproveitamento Energético de Resíduos de Madeira e Florestais na Forma de Briquetes**. Disponível em: <http://infoener.iee.usp.br/scripts/biomassa/br_briquete.asp>. Acesso Outubro de 2016.
27. INPEV – Instituto Nacional Processamento Embalagens, Disponível em: <<http://www.inpev.org.br/relatorio-sustentabilidade/2015/index.html>> Acesso em: Agosto de 2016.
28. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Atlas de Saneamento – Manejo de Resíduos Sólidos**. Rio de Janeiro, 2011.
29. _____. **Banco de Dados Agregados**. 2016. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pecua/default.asp?t=2>>. Acesso em: Julho de 2016.
30. _____. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios**. Brasília, 2009.
31. INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA – IPEA. **Diagnóstico dos Resíduos Sólidos do Setor Agrossilvopastoril**, Brasília, 2013.
32. IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Diagnóstico dos Resíduos Sólidos Urbanos**: Relatório de Pesquisa. Brasília, 2012. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/121009_relatorio_residuos_solidos_urbanos.pdf>. Acesso em: agosto 2016.
33. LAMBAIS, M. R. **Poluição orgânica e seu controle**. In: CARDOSO, J. B. N. E.; TSAI, S. M.; NEVES, M. C. P. **Microbiologia do Solo**. Campinas: SBCS, 1992, p. 360.

34. MCGILL COMPOST, **Composting for food waste, bioplastics, sludge**. Disponível em: <[http:// www.mcgillcompost.com/wp-content/uploads/sites/3/2015/01/Logo-USCC-BPI-compostable.jpg](http://www.mcgillcompost.com/wp-content/uploads/sites/3/2015/01/Logo-USCC-BPI-compostable.jpg)>. Acesso em: Agosto de 2016.
35. MENTEM, J. O. (Org.). **Evolução do consumo de agrotóxicos no Brasil 2003-2007. 2008**. Disponível em:<<http://www.landaction.org/IMG/.pdf>>. Acesso em: agosto de 2016.
36. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. **Brasil líder de reciclagem de embalagem de agrotóxico, 2013**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/noticias/2013/03/brasil-e-lider-em-reciclagem-de-embalagens-de-agrotoxicos>>. Acesso em: Agosto 2016.
37. O ESTADO. **Economia Verde – Empresas podem comprar créditos de Logística Reversa, 2014**. Disponível em: <<http://www.oestadoce.com.br/cadernos/oev/ economia-verde-empresas-podem-comprar-creditos-de-logistica-reversa>>. Acesso em Outubro de 2016.
38. OBLADEN N.L; OBLADEM N.T.R; BARROS K.R. **Guia para elaboração de Projetos de Aterros Sanitários para Resíduos Sólidos Urbanos**. Curitiba, CREAPR, Vol III, 2009.
39. ORTIZ, Fabíola. **Supermercado usa o próprio lixo para fazer compostagem, 2014**. Disponível em:<<http://www.oeco.org.br/wpcontent/uploads/oecomigration/images/stories/mar2014/surui%20-%20leiras%20DSC07480.JPG>>. Acesso em: Setembro de 2016.
40. PANCIERI, Beatriz M. **A produção de briquetes como incentivo à sustentabilidade - aplicabilidade da logística reversa em madeireiras no município de Tomé-açu**. XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Salvador, Anais... Salvador, 2009.
41. PEREIRA NETO, J. T. **Gerenciamento do lixo urbano: aspectos técnicos e operacionais** – ed. ver. e aum. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2007a.
42. PEREIRA NETO, J. T. **Manual de Compostagem: processo de baixo custo** – ed. ver. e aum. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2007b.
43. REIS LIXEIRAS, **Modelos de Container de Lixo**. Disponível em: <<http://www.reislixearas.com.br/imagens/informacoes/container-coleta-lixo-02.jpg>>. Acesso em: Outubro de 2016.

44. RICCHINI, Ricardo. **O que é plástico Biodegradável?** 2013. Disponível em: <http://www.setorreciclagem.com.br/materiais-biodegradaveis/o-que-e-plastico-biodegradavel/>>. Acesso em: Agosto 2016.
45. RUMSEY, Ian C., ANEJA, Viney P., LONNEMAN, William A. **Characterizing reduced sulfur compounds emissions from a swine concentrated animal feeding Operation.** North Carolina, p. 458-466, 2014.
46. SATO, G. S.; CARBONE, G. T.; MOORI, R. G. **Práticas operacionais da logística reversa de embalagens de agrotóxicos no Brasil.** Revista de gestão integrada em saúde do trabalho e meio ambiente, v. 1, n. 1, p. 1-22, 2006.
47. SCHNEIDER, V. E. *et al.* **Resíduos sólidos no meio rural: análise dos sistemas de gerenciamento utilizados em 33 municípios da Serra gaúcha (RS)/Brasil.** In: CONGRESO INTERAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL, 30, 2006.
48. SIMPESC – Sindicato Patronal da Indústria de Material Plástico do Estado de Santa Catarina. Disponível em: <http://www.simpesc.org.br/wp-content/uploads/arquivos/472518185f.pdf>> Acesso em: Julho 2016.
49. SOLUÇÕES INDUSTRIAIS, **Lixeiras de Coleta Seletiva.** Disponível em: http://www.solucoesindustriais.com.br/images/produtos/imagens_149/p_lixeiras-de-coleta-seletiva-14.jpg>. Acesso em: Setembro de 2016.
50. SPADOTTO, C. A. **Abordagem interdisciplinar na avaliação ambiental de agrotóxicos.** Revista núcleo de pesquisa interdisciplinar, 2006. Disponível em: <http://www.fmr.edu.br/npi/003.pdf>>. Acesso em: agosto de 2016.
51. SPELLMAN, Frank R., WHITING, Nancy E. **Environmental Management of Concentrated Animal Feeding Operations (CAFOs).** Institute of Nutrition Physiology, New York, 2007.
52. WOOD FIRST. **BioFuel,** Disponível em: http://www.woodfirst.pt/sites/www.woodfirst.pt/files/u2/foto_briquetes.jpg>. Acesso em: Outubro de 2016.
53. YAHA – Nutrição de Plantas. **Meio ambiente e reciclagem.** Disponível em: <http://www.yarabrasil.com.br/nutricao-plantas/manuseio-segurofertilizantes/meio-ambiente-reciclagem/>>. Acesso em Agosto 2016.

APÊNDICE A

PLANTA BAIXA – PÁTIO DE COMPOSTAGEM



APÊNDICE B

1) Cálculo da coleta de lixo programada

$$Densidade = \frac{massa}{Volume} \quad (3)$$

Segundo IBAM (2001), a $D_{\text{lixo}} = 230 \text{ kg/m}^3$,

A massa de lixo produzida por habitante por dia no *Campus* é de 0,695 kg/hab.dia

$$230 \frac{kg}{m^3} = \frac{0,695 \frac{kg}{hab} \cdot dia}{V} \times 20 hab$$

$$V_{\text{hab.}} = 0,003 m^3 = \mathbf{3 \text{ L/dia}}$$

$$\text{Dias para coletar} = \frac{V_{\text{container}}}{V_{\text{hab}} \times \text{Pop/dia}} \quad (4)$$

$$\text{Dias para coletar} = \frac{1000L}{3L \times 20 \text{ hab/dia}}$$

$$\text{Dias para coletar} \approx \mathbf{17 \text{ dias}}$$

2) Dimensionamento – Pátio de Compostagem

$$H = 0,5 \text{ m (cônica)}$$

$$V_{\text{cone}} = \frac{1}{3} \pi \cdot R^2 \cdot H$$

$$\text{massa}_{\text{M.O.}} = 20 \text{ hab} \times 0,695 \frac{kg}{hab \cdot dia} \times 39,9\% = 5,55 \frac{kg}{dia} \times 3 \text{ dias}$$

$$V_{\text{M.O.}} = \frac{16,64}{560} = 0,0297 \text{ m}^3$$

$$0,0297 = \frac{1}{3} \pi \cdot R^2 \cdot H$$

$$\mathbf{R = 24 \text{ cm}}$$

Ocupando uma área de:

$$A_{\text{compostagem}} = 0,178\text{m}^2 \times 40 \text{ dias} = 7,13 \text{ m}^2 \times 2 \times 1,2 \cong \mathbf{17 \text{ m}^2}$$

Entretanto esse pátio será utilizado pela comunidade para produção de composto no projeto de Horta Comunitária do *Campus Rural*, por isso foi utilizado uma área maior com 250 m².